

Modelado de la dinámica y producción forestal de la Selva Pedemontana de Yungas, Argentina.

*Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires,
Área Recursos naturales*

Cristian Ariel Humano
Ingeniero Agronomo-UNJU-2000

Lugar de trabajo: Facultad de Ciencias Agrarias-UNJU



Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano
Facultad de Agronomía – Universidad de Buenos Aires

COMITÉ CONSEJERO

Director de tesis
Juan Manuel Cellini
Ing. Forestal (Universidad Nacional de la Plata)
Doctor en Ciencias Naturales (Universidad Nacional de La Plata)

Consejero de Estudios
Marcelo Fabián Arturi
Licenciado en Biología (Universidad Nacional de la Plata)
Doctor en Ciencias Naturales (Universidad Nacional de la Plata)

JURADO DE TESIS

Director de tesis
Juan Manuel Cellini
Ing. Forestal (Universidad Nacional de la Plata)
Doctor en Ciencias Naturales (Universidad Nacional de La Plata)

JURADO

Myriam Roxana Aragón
Licenciada en Ciencias Biológicas (Universidad Nacioan Ide Tucumán)
Dra. en Ciencias Agropecuarias (Universidad de Buenos Aires)

JURADO

Guillermo Emilio Defossé
Ingeniero en Agrónomo (Universidad Nacional de La Plata)
Magister Scientiqe (University of Idaho-EEUU)
Ph. D. University of Idaho-EEUU

Fecha de defensa de la tesis: 05 de Agosto de 2013.

A Dios, a mi madre, a mis hermanos y mi padre.

Agradecimientos

Deseo agradecer a mi director Dr. Juan Manuel Cellini y Codirector Dr. Marcelo Arturi, por la constante predisposición a dilucidar mis dudas y planteos; también a mi asesor Dr. Publio Araujo por haber esclarecido la idea para la generación de esta tesis.

Destaco el apoyo brindado por las autoridades de la Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad Nacional de Jujuy (Unju) y de sus docentes.

A la Fundación ProYungas, en particular al Dr. Lucio Malizia y al equipo de campo Lic. Cecilia Blundo, Diego Delgado y Alejandro Piggot; por brindarme desinteresadamente la posibilidad de obtener los datos en sus parcelas permanentes de medición.

Y a todas aquellas personas que siempre me dieron aliento, ganas y compañía.

Declaro que el material incluido en esta tesis es, a mi mejor saber y entender, original producto de mi propio trabajo (salvo en la medida en que se identifique explícitamente las contribuciones de otros), y que este material no lo he presentado, en forma parcial o total, como una tesis en ésta u otra institución.

Ing. Agr. Cristian Ariel Humano

DNI:22.820.650

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria.....	i
Agradecimientos.....	ii
Declaración.....	iii
Resumen.....	xiii
Abstract.....	xiv
Introducción.....	1
Revisión de antecedentes.....	4
Bosques Neotropicales-La Selva de Yungas.....	4
Composición florística arbórea.....	4
La pérdida de los recursos forestales en las Yungas.	5
Legislación-Disposiciones normativas Nacionales y Provinciales.....	7
Estado de Conservación y Perspectivas futuras.....	8
Modelo de manejo silvícola y la tendencia actual en la region.....	10
Prioridades regionales de conservación.....	11
Estado actual del conocimiento sobre la temática tratada, en la Región Sudamérica y Caribe.....	13
Estudios realizados en la Selva Pedemontana de Yungas en Argentina.....	15
Planteamiento del problema.....	15
Objetivos.....	17
Hipotesis.....	17
Estructura de la tesis.....	17
A. Materiales.....	19
A.1. Área de estudio.....	19
A.2. Ubicación de las parcelas de medición permanente.....	19
A.3. Características estructurales de la Selva Pedemontana.....	20
A.4. Clima.....	22
A.5. Relieve.....	22
A.6. Suelo.....	23
A.7. Hidrografía.....	24
A.8. Biodiversidad.....	25
A.8.a. Fauna.....	26
B. Metodología.....	27
B.1. Obtención de los datos de las variables dasométricas.....	27
B.2. Composición florística y estructura forestal.....	29
B.2.a. Composición florística arbórea.....	29
B.2.b. Análisis ecológico- estructural del bosque.....	29
B.2.b.1. Índices fitosociológicos.....	29
B.2.b.1.a Abundancia.....	29
B.2.b.1.b. Frecuencia.....	30
B.2.b.1.c. Dominancia.....	31
B.2.b.1.d. Índice de valor de importancia (IVI).....	32
B.2.c. Estructuras Totales.....	33
B.2.c.1. Estructura vertical.....	33
B.2.c.2. Análisis de la regeneración natural.....	34
B.2.c.3. Índice de valor de importancia ampliado (IVIA).....	35

B.2.c.4.	Índice valor de importancia familiar (IVIF).....	35
B.2.d.	Estructura horizontal.....	36
B.2.d.1.	Distribución de clases diamétricas.....	36
B.2.d.2.	Área basal.....	36
B.2.d.3.	Volumen de fuste.....	36
B.2.e.	Comparación entre sitios.....	37
B.2.e.1.	Diferencias de Composición.....	37
B.2.e.2.	Diferencias Estructurales.....	37
B.3.	Crecimiento de las especies.....	37
B.3.a.	Crecimiento diamétrico.....	37
B.3.b.	Modelado Crecimiento diamétrico.....	38
B.3.c.	Curva de crecimiento por especie.....	38
B.4.	Dinámica poblacional.....	39
B.4.a.	Incorporaciones.....	39
B.4.b.	Mortalidad.....	40
B.5.	Variación espacial de la estructura forestal.....	41
B.6.	Modificaciones sobre los turno de corta.....	42
B.7.	Proyección de la estructura forestal.....	42
C.	Resultados.....	47
C.1.	Composición florística arbórea y estructura forestal.....	47
C.1.a.	Composición florística arbórea.....	47
C.1.b.	Abundancia.....	47
C.1.c.	Frecuencia.....	50
C.1.d.	Dominancia.....	51
C.1.e.	Índice Valor de Importancia (IVI).....	53
C.1.2.	Estructuras Totales.....	54
C.1.2.a.	Estructura vertical.....	54
C.1.2.a.1.	Posición sociológica.....	54
C.1.2.b.	Índice Valor de Importancia Ampliado (IVIA).....	56
C.1.2.c.	Índice Valor de Importancia Familiar (IVIF).....	57
C.1.2.d.	Estructura de la regeneración natural.....	59
C.1.2.d.1.	Abundancia.....	59
C.1.2.d.2.	Frecuencia.....	60
C.1.2.d.3.	Clase de tamaño.....	60
C.1.2.d.4.	Regeneración natural relativa.....	61
C.1.2.e.	Índice de Importancia horizontal y vertical.....	62
C.1.3.	Estructura Horizontal.....	63
C.1.3.a.	Distribución diamétrica.....	63
C.1.3.b.	Distribución diamétrica de las especies de mayor valor forestal.....	64
C.1.3.b.1.	Curva de clase diamétrica de las especies de valor forestal.....	64
C.1.3.c.	Volumen de fuste.....	65
C.1.4.	Comparación entre Sitios.....	67
C.1.4.a.	Diferencias de Composición.....	67
C.1.4.b.	Diferencias Estructurales.....	67
C.2.	Crecimiento de las especies.....	70
C.2.a.	Crecimiento diamétrico.....	70
C.2.b.	Modelado Crecimiento diamétrico.....	79

C.2.c.	Curva de crecimiento por especie.....	81
C.3.	Dinámica poblacional.....	84
C.3.a.	Incorporaciones.....	84
C.3.b.	Mortalidad y Supervivencia del estrato arbóreo.....	85
C.3.c.	Tránsito de individuos entre clases diamétricas.....	87
C.4.	Variación espacial de la estructura forestal.....	91
C.5.	Modificaciones sobre los turno de corta.....	95
C.6.	Proyección de la estructura forestal.....	100
C.6.a.	Proyección del rodal sin intervención.....	100
C.6.a.1.	Proyección de la distribución diamétrica.....	100
C.6.a.2.	Crecimiento del área basimétrica.....	101
C.6.a.3.	Crecimiento del Volumen.....	102
C.6.b.	Proyección bajo distintas situaciones de manejo forestal.....	103
C.6.b.1.	Rodal bajo tratamiento silvícola de liberación.....	103
C.6.b.2.	Rodal bajo aprovechamiento según DMC.....	105
C.6.b.3.	Comparación entre el rodal sin manejo, rodal liberado y rodal aprovechado.....	106
D.	Discusión.....	107
D.1.	Composición florística y estructura forestal.....	107
D.2.	Crecimiento de las especies.....	114
D.3.	Dinámica poblacional.....	118
D.4.	Variación espacial de la estructura forestal.....	119
D.5.	Modificaciones sobre los turno de corta.....	120
D.6.	Proyección de la estructura forestal.....	121
D.7.	Recomendaciones en el manejo forestal y preservación de la biodiversidad.....	124
E.	Conclusiones.....	127
F.	Bibliografía.....	130
G.	Apéndice.....	143

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Reducción de la superficie de bosques nativos de la Argentina.....	6
Cuadro 2.	Diámetros mínimos de corta (DMC) de las especies nativas de valor forestal.....	8
Cuadro 3.	Áreas protegidas y categoría de manejo existentes en la Selva de Yungas	12
Cuadro 4.	Ubicación e identificación de las parcelas de medición permanente.....	20
Cuadro 5.	Características estructurales de las áreas boscosas de la Selva de Yungas.....	21
Cuadro 6.	Comparación climática entre sitios.....	22
Cuadro 7.	Clasificación de frecuencias.....	30
Cuadro 8.	Clases de importancia ecológica de las especies según su IVI.....	33
Cuadro 9.	Requisitos, entradas y salidas solicitadas al sistema MOSIMAFO.....	45
Cuadro 10.	Parámetros florístico-estructurales de las especies de mayor importancia forestal y ecológica.....	47
Cuadro 11.	Comparación entre especies según abundancia (ind./ha).....	48
Cuadro 12.	Comparación entre especies según frecuencia.....	50
Cuadro 13.	Comparación entre especies según la dominancia.	52
Cuadro 14.	Aporte parcial de cada parámetro al IVI total de cada especie.....	53
Cuadro 15.	Valor fitosociológico (VF) de cada estrato.....	54
Cuadro 16.	Posición Sociológica absoluta y relativa de las especies.....	55
Cuadro 17.	Índice valor de importancia ampliado de las especies.....	57
Cuadro 18.	Lista de las familias más importantes de acuerdo al Índice de Valor de Importancia para Familia.....	58
Cuadro 19.	Número de individuos de la regeneración natural de las especies arbóreas.	60
Cuadro 20.	Frecuencia absoluta y relativa de la regeneración natural.....	60
Cuadro 21.	Número de ind./ha por clases de tamaño de la regeneración natural.....	61
Cuadro 22.	Valor fitosociológico para cada clase de tamaño.....	61
Cuadro 23.	Clases de tamaño absoluta y relativa de la regeneración natural.....	61
Cuadro 24.	Regeneración natural relativa de las especies de valor forestal.....	62
Cuadro 25.	Índice de importancia horizontal y vertical.....	62
Cuadro 26.	Distribución de los individuos por clases diamétricas.....	63
Cuadro 27.	Distribución de clases diamétricas de las especies de mayor valor forestal.	64
Cuadro 28.	Participación por clase diamétrica de las especies de mayor valor forestal..	65
Cuadro 29.	Distribución del volumen (m ³ /ha) para la especies de valor forestal.....	66
Cuadro 30.	Cantidad de individuos aprovechables (ind./ha)por especie de valor y posición sociológica.....	67
Cuadro 31.	Comparación entre la abundancia (ind./ha) y el Área basal (m ² /ha) entre las parcelas (m ² /ha).....	68
Cuadro 32.	Área basal (m ² /ha) de cada especie de valor y el resto de las otras especies	70
Cuadro 33.	Abundancia relativa de las especies de valor por parcela.....	70
Cuadro 34.	Incremento diamétrico medio anual (mm/año) ± la desviación estándar por las clases diamétricas de las especies.....	72
Cuadro 35.	Incremento diamétrico medio anual (mm/año) ± la desviación estándar según la posición sociológica de las especies.....	72

Cuadro 36.	Comparación entre incrementos diamétricos medios anuales (mm/año) \pm la desviación estándar de especies maderables vs no maderables por las clases diamétricas.....	73
Cuadro 37.	Comparación entre incrementos diamétricos medios anuales (mm/año) \pm la desviación estándar de especies maderables vs no maderables según la posición sociológica.....	74
Cuadro 38.	Comparación entre incrementos diamétricos medios anuales (mm/año) \pm la desviación estándar por tipo de especie según la posición sociológica.	74
Cuadro 39.	Incrementos diamétricos medios anuales (mm/año) \pm la desviación estándar por clase diamétrica de las especies de mayor valor forestal.....	75
Cuadro 40.	Comparación entre incrementos diamétricos anuales (mm/año) \pm la desviación estándar de especies de mayor valor forestal por las clases diamétricas.	76
Cuadro 41.	Incrementos diamétricos promedio anuales (mm/año) \pm la desviación estándar según la posición sociológica de las especies de mayor valor forestal.	76
Cuadro 42.	Comparación entre incrementos diamétricos medios anuales (mm/año) \pm la desviación estándar de especies de mayor valor forestal según la posición sociológica.....	77
Cuadro 43.	Comparación entre incrementos diamétricos medios anuales (mm/año) \pm la desviación estándar de las especies mayor valor forestal.....	78
Cuadro 44.	Diferencias de incremento medio anual (mm/año) \pm la desviación estándar entre las especies de valor forestal según tolerancia.	78
Cuadro 45.	Diferencias de incremento medio anual (mm/año) \pm la desviación estándar según la posición sociológica de las especies heliófilas vs umbrófilas.	79
Cuadro 46.	Análisis de correlación entre el IMA y las variables PS, C, GNM y AB....	80
Cuadro 47.	Incremento periódico anual estimado (mm/año) \pm desviación estándar de los individuos por clase diamétrica.	80
Cuadro 48.	Tiempo estimado (años) en lograr el Diámetro Mínimo de Corta (DMC) ..	83
Cuadro 49.	Estimación de la masa incorporada por ha cada 5 años de las especies de mayor valor forestal.....	85
Cuadro 50.	Tasa de mortalidad (%) por clase diamétrica.....	86
Cuadro 51.	Tasa de mortalidad (%) de los individuos por clase diamétrica y posición sociológica.....	86
Cuadro 52.	Tasa de supervivencia (%) de individuos por clase diamétrica y posición sociológica de las especies de mayor valor forestal.....	87
Cuadro 53.	Tasas poblacionales (%) de los individuos según clases diamétricas.....	87
Cuadro 54.	Tasas de tránsito (%) de los individuos a la clase diamétrica siguiente en cada estrato social.....	88
Cuadro 55.	Tasas de tránsito (%) de los individuos a la clase diamétrica siguiente en cada estrato social de las especies de valor.....	90
Cuadro 56.	Incrementos diamétricos medios anuales (mm/año) \pm la desviación estándar estimados según la posición sociológica.....	92
Cuadro 57.	Tasas de mortalidad (%) estimadas según el área basal (m ² /ha) del sitio....	93
Cuadro 58.	Tasas de incorporaciones (%) estimadas según el área basal (m ² /ha) del	

	sitio.....	94
Cuadro 59.	Turno de corta (años) de las especies de valor forestal según la posición sociológica a distintas cantidades de individuos no maderables (ind./haNM) en Candado Chico.....	96
Cuadro 60.	Turno de corta (años) de las especies de valor forestal según la posición sociológica a distintas cantidades de individuos no maderables (ind./haNM) en Valle Morado.....	97
Cuadro 61.	Comparación entre sitios de los DMC (cm) \pm desviación estándar de las especies de valor según gradiente de crecimiento.....	98
Cuadro 62.	Cantidad de individuos no maderables correspondiente a distintos niveles de área basal (m ² /ha).....	98
Cuadro 63.	Parámetros estructurales característicos de la Selva Pedemontana de Yungas.....	99
Cuadro 64.	Cambios estructurales del rodal en un período de 25 años (2003 a 2028) según el valor de las especies y las clases diamétricas.....	100
Cuadro 65.	Evolución del volumen de las especies de valor en el período determinado	101
Cuadro 66.	Evolución estructural del rodal intervenido.....	103
Cuadro 67.	Evolución estructural del rodal intervenido según DMC.....	104
Cuadro 68.	Datos de existencias, área basal y volumen por Regiones y estratos.....	108
Cuadro 69.	Especies de alto valor forestal encontradas en las parcelas.....	144
Cuadro 70.	Especies raras de la Selva Pedemontana de Yungas.....	143

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Perfil vertical de la Selva Pedemontana.....	21
Figura 2.	Parcela de medición permanente.....	27
Figura 3.	Agrupamiento del índice valor importancia relativo (IVIr) de acuerdo aptitud comercial de las especies.....	48
Figura 4.	Abundancia relativa de las especies.....	49
Figura 5.	Frecuencia absoluta de las especies.	50
Figura 6.	Clases de frecuencia de las especies.....	51
Figura 7.	Dominancia (m^2/ha) de las especies.	51
Figura 8.	Dominancia relativa de especies.....	52
Figura 9.	Abundancia proporcional por estrato de las especies.....	56
Figura 10.	Índice de valor familiar de la Selva Pedemontana.....	59
Figura 11.	Importancia estructural de las especies de mayor valor forestal.....	63
Figura 12.	Estructura horizontal según la distribución de clase diamétrica de los árboles..	64
Figura 13.	Distribución diamétrica y del área basal (m^2/ha) por clase diamétrica de las especies de mayor valor forestal.....	65
Figura 14.	Distribución del volumen (m^3/ha) por clase diamétrica para las especies.....	66
Figura 15.	Diagrama de Componentes Principales según área basal (m^2/ha) de las especies de mayor valor forestal para cada cuadrante de cada parcela.....	69
Figura 16.	Gráfico Q-Q plot distribución normal.....	70
Figura 17.	Distribución de frecuencias de los incrementos diamétricos anuales.....	71
Figura 18.	Incremento diamétrico anuales (mm/año) para cada grupo de especies discriminadas por clases diamétricas.....	72
Figura 19.	Incrementos diamétricos medios anuales (mm/año) por clase diamétrica de las especies de mayor valor forestal.....	75
Figura 20.	Incrementos diamétricos medios anuales (mm/año) según la posición sociológica de las especies de mayor valor forestal.	77
Figura 21.	Diagrama de dispersión de los pares de valores (IPAD, DAP) de los árboles individuales.....	79
Figura 22.	Incrementos medios anuales (mm/año) del diámetro a la altura del pecho de árboles de mayor valor forestal en función del DAP y la posición sociológica de los individuos.....	81
Figura 23.	Influencia de la ocupación del sitio (GNM) sobre el crecimiento según clase diamétrica y posición sociológica de las especies de valor forestal.....	81
Figura 24.	Curvas de crecimiento DAP (cm) vs Años, de las especies de mayor valor forestal.....	83
Figura 25.	Incrementos medios acumulados \pm desviación estándar de la regeneración.....	84
Figura 26.	Tasas de mortalidad (%) y supervivencia (%) de los individuos por clase diamétrica y posición sociológica.....	86
Figura 27.	Tasas de mortalidad (%) y supervivencia (%) de los individuos por clase diamétrica y posición sociológica de las especies de valor forestal.....	87
Figura 28.	Tasas poblacionales (%) de los individuos según clases diamétricas.....	87
Figura 29.	Modelo de estructura, dinámica y tasas poblacionales (%) de los individuos....	88
Figura 30.	Tasas de tránsito (%) de los individuos por clases diamétricas y posición sociológica.....	89
Figura 31.	Área basal (m^2/ha) por clase diamétrica y posición sociológica.....	90

Figura 32.	Influencia de la ocupación del sitio (Área basal- m^2/ha) sobre el pasaje de individuos a la clase diamétrica superior (%) de individuos del estrato superior.....	90
Figura 33.	Incrementos medios anuales (mm/año) \pm la desviación estándar según ocupación de sitio expresado en m^2/ha	91
Figura 34.	Incrementos diamétricos medios anuales (mm/año) según clases diamétricas en distintas situaciones de ocupación del sitio (área basal-GT- m^2/ha).....	92
Figura 35.	Incrementos anuales (mm/año) de las especies de valor forestal según la posición sociológica en distintas situaciones de ocupación del sitio (ind./haNM) en Candado Chico.....	95
Figura 36.	Incrementos anuales (mm/año) de las especies de valor forestal según la posición sociológica en distintas situaciones de ocupación del sitio (ind./haNM) en Valle Morado.....	95
Figura 37.	Distribuciones de clases diamétricas proyectadas.....	100
Figura 38.	Evolución del área basal (m^2/ha) en el período determinado.....	101
Figura 39.	Volumen aprovechable (m^3/ha) acumulado de las especies de valor en el período considerado.....	102
Figura 40.	Evolución del área basal (m^2/ha) en el rodal intervenido.....	103
Figura 41.	Volumen aprovechable (m^3/ha) acumulado de las especies de valor en el rodal intervenido.....	104
Figura 42.	Evolución del área basal (m^2/ha) en el rodal intervenido según DMC.....	105
Figura 43.	Volumen aprovechable (m^3/ha) acumulado de las especies de valor en el rodal intervenido según DMC.....	105
Figura 44.	Comparación estructural del rodal original según distintas situaciones de manejo.....	106
Figura 45.	Evolución del volumen aprovechable (m^3/ha) según distintas situaciones de manejo.....	106

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1.	Ubicación de la Selva de Yungas en Argentina y de las parcelas permanentes.....	20
Mapa 2.	Ríos relevantes de la Selva Pedemontana.....	25

RESUMEN

Las Yungas representan el ecosistema de Selvas subtropicales de mayor extensión de la Argentina, constituyendo un área de gran biodiversidad y de recursos madereros. En ella la explotación forestal fue intensa debido a su relieve de pendiente suave, cercanía a centros urbanos y a la creciente demanda de productos madereros causando una gran fragmentación y comprometiendo su resiliencia. La sustentabilidad del manejo forestal se basa en el conocimiento de la composición florística, del crecimiento, la dinámica poblacional y la proyección en el tiempo de la evolución del bosque. Los objetivos planteados en esta tesis fueron determinar la composición y estructura forestal, definir las curvas de crecimientos, determinar las tasas de reclutamiento y mortalidad de las especies de valor, y proyectar la evolución de la Selva en distintas situaciones de manejo. Los parámetros estructurales muestran que las especies dominantes son *Anadenanthera colubrina* var *cebil*, *Phyllostylon rhamnoides*, *Trichilia hieronymi*, *Parapiptadenia excelsa* y *Calycophyllum multiflorum*. Las bajas tasas de incorporaciones y existencias de las especies de mayor valor, *Cedrela balansae*, *Myroxylon peruiferum* y *Amburana cearensis*, determinan su vulnerabilidad. La dinámica está determinada por la formación de claros que generan cambios en las condiciones de luz. Las variables que influyen sobre el crecimiento diamétrico son el tamaño del individuo, la posición sociológica y la densidad del rodal. Las especies de mayores crecimientos diamétricos son *C. balansae*, *A. colubrina* var. *cebil*, *P. excelsa*, *Astronium urundeuva* y *M. peruiferum* siendo el tiempo estimado en lograr sus diámetros mínimos de corta (DMC) de 50, 35, 60, 55 y 80 años respectivamente. La reducción de la densidad del rodal favorece los incrementos diamétricos de los individuos de las especies de valor forestal. La proyección del rodal demuestra que un aprovechamiento forestal realizado con las condiciones técnicas y DMC vigentes, la estructura, la dinámica y el volumen aprovechable no se recupera en un período de 25 años.

Palabras claves: Selvas subtropicales, crecimiento, dinámica, sustentabilidad, biodiversidad, resiliencia

ABSTRACT

The ecosystem of Yungas represent the largest subtropical rainforests of Argentina, being a zone of great biodiversity and timber resources. Due to its gently sloping relief, proximity to urban centers and the growing demand for wood products logging was intense causing significant fragmentation and compromising their resilience. The sustainability of forest management is based on knowledge of the species composition, growth, population dynamics and projection in time of the evolution of the forest. The objectives of this tesis were to a) determine the composition and forest structure, b) the definition growth, c) the rates of recruitment and mortality of valuable species, and d) to project the evolution of the forest under different management options. The structural parameters show that the dominant species are *Anadenanthera colubrina* var *cebil*, *Phyllostylon rhamnoides*, *Trichilia hieronymi*, *Parapiptadenia excelsa* and *Calycophyllum multiflorum*. The low recruitment rates and stocks of the higher valuable species, *Cedrela balansae*, *Amburana cearensis* and *Myroxylon peruiferum* determine its vulnerability. Forest dynamics is determined by gap opening which produced changes in light conditions. The variables that influence diameter growth are the size of the individuals, their sociological position and stand density. The species with highest diametric growth are *C. balansae*, *A. colubrina* var. *cebil*, *P. excelsa*, *Astronium urundeuva* and *M. peruiferum* being the estimated time to achieve their minimum cutting diameters (DMC) 50, 35, 60, 55 and 80 years respectively. Reducing stand density increases the diameter of individuals of the most valuable forest. The projection of the stand shows that forest harvesting using the current the techniques and existing DMC, structure, dynamics and available volume recovered until after a 25 years period is achieved.

Keywords: subtropical forests, growth, dynamics, sustainability, biodiversity, resilience

INTRODUCCION

El estudio del crecimiento y de la producción presente y futura de los árboles, y de los rodales forestales es básico y fundamental para la planificación y administración forestal de los bosques. En un bosque, el crecimiento está dado por la actividad de los árboles vivos, pero la sumatoria de los crecimientos individuales no refleja el crecimiento del rodal como un todo, por el hecho de que existen árboles que mueren, que son cortados y que ingresan en las clases diamétricas inferiores durante el período de tiempo considerado (Gauto et al. 1997). Una población vegetal se caracteriza por los distintos estadios que comprenden su ciclo de vida; los individuos correspondientes a cada estadio poseen diferentes tasas de mortalidad, de reclutamiento y de pasaje a otro estadio; constituyendo la dinámica de esta población (Batista 2006). La dinámica forestal incluye todos los procesos de cambio de la estructura del bosque como la incorporación, crecimiento y muerte de los árboles (Abellanas et al. 2004). No todos los individuos en una población hacen la misma contribución en la tasa intrínseca de crecimiento poblacional, debido a que los valores de natalidad y mortalidad varían de acuerdo a la edad, tamaño y estadio de un individuo (Silvertown y Lovett 1993). Esa información numérica puede ser obtenida de la experiencia acumulada por la observación y por la práctica, por ello lo indispensable de la disponibilidad de modelos de crecimiento y de producción, que puedan mostrar similitudes y diferencias sobre el crecimiento, la dinámica y la producción forestal como un todo (Moscovich 2004).

La investigación forestal ha dedicado muchos esfuerzos en desarrollar modelos que permiten prever el crecimiento y la producción de los bosques (Newton 2007). Los modelos de simulación de bosques o modelos de crecimiento forestales describen el crecimiento y la dinámica del bosque, y ayudan a predecir los efectos que puede tener a largo plazo una intervención silvícola, tanto en lo que respecta a la producción de madera como a las características futuras del propio bosque, así como el impacto de las intervenciones sobre otros bienes y servicios del bosque (Abellanas et al. 2004). Se han utilizado modelos para predecir el crecimiento y rendimiento de los bosques, y para administrar y comprender sus procesos demográficos y de sucesión (Brienen et al. 2003).

La información necesaria para la construcción de modelos de dinámica forestal proviene de sucesivas mediciones realizadas en árboles individuales marcados dentro de parcelas permanentes (Newton 2007). El monitoreo de parcelas permanentes sobre el crecimiento y la producción de las masas forestales, resulta fundamental para la construcción de modelos de crecimiento y de dinámica poblacional, ya que representan la verdadera evolución de las poblaciones arbóreas componentes de las masas estudiadas (Gadow et al. 1999). Dicha información además es esencial para ser utilizada en el momento de tomar decisiones de ordenación forestal respecto a ciclos de corta, diámetros mínimos de corta y volúmenes de corta (Contreras et al. 1999). También se consideran algunas características ecológicas que influyen sobre el crecimiento de los árboles, datos que servirán para estudiar a largo plazo el desarrollo del bosque, en su composición florística y estructura (Leaño y Saravia 1998). Por lo tanto, para determinar la capacidad de producción de un bosque y realizar la planificación, es indispensable el desarrollo de los modelos de crecimiento (Gasparri y Goya 2006), de las especies de mayor valor forestal. Específicamente los modelos de dinámica poblacional pueden ser usados para identificar aquellos estadios del ciclo de vida de una población vegetal, que son los más limitantes en

el crecimiento poblacional y ayudar a focalizar esfuerzos de manejo en la conservación de la población (Gibson 2002).

Las Selvas subtropicales de montaña del NO de Argentina constituyen unas de las áreas de mayor diversidad vegetal y animal del país, así como una de las principales fuentes de recursos madereros. La explotación forestal fue especialmente intensa en la Selva Pedemontana debido a su relieve de pendiente suave, fácil acceso, cercanía a centros urbanos, y a la creciente demanda de productos madereros (Del Castillo 2005). En ella, la corta selectiva de individuos comerciales sin planificación fue la principal causa de su degradación (Johons 1992). Otras causas son la deforestación con fines agrícolas como actualmente se realiza con cultivos de soja (*Glicine max* L. Merr.) (SAyDS 2005), los incendios forestales y la ganadería vacuna extensiva a monte (Minetti 2006). En las dos últimas décadas del siglo XX, la actividad forestal ha sufrido una gran recesión, fundamentalmente por cuestiones macroeconómicas, por la disminución de las existencias maderables, y el agotamiento de los individuos con excelentes aptitudes forestales. Actualmente existen algunos rodales y ejemplares de excelente porte forestal de las distintas especies en sitios de difícil acceso o en Reservas y Parques Nacionales (Minetti 2006).

Estas situaciones han llevado a que algunas especies se encuentren actualmente en estado vulnerable, como por ejemplo *Amburana cearensis* A.C. Sm. *Cedrela balansae* C. DC. o *Myroxylom peruiferum* L. f. (Brown y Malizia 2004). Además se ha producido una disminución de los volúmenes maderables provocando daños en la estructura remanente que comprometen la recuperación de la Selva, debido a que resulta dificultada la regeneración de las especies arbóreas características de estos bosques. Tales condiciones afectan el valor de conservación de la Selva Pedemontana aumentando la necesidad de considerar los efectos de las variaciones de la actividad antrópica y climáticas para lograr su persistencia a largo plazo. El interés mundial de conservar las Selvas subtropicales de montaña se debe a los valores de biodiversidad, endemismo, potencial biótico-genético, paisajes únicos, peligro de desertificación y erosión de suelos (Chalukian 1991). Sin embargo el rol, más importante que juegan estas selvas es en la regulación del régimen hídrico (Stadtmuller 1987). Esta regulación resulta indispensable en lugares con marcada época seca en la provisión de agua para el consumo humano y el riego de cultivos industriales (Brown y Malizia 2004).

La legislación de las diferentes Provincias establece las normas para promover el manejo del bosque y los diámetros mínimos de corta (DMC). En general, el aprovechamiento del bosque se realiza respetando el DMC para cada especie, pero esta medida no se complementa con otras tendientes a asegurar la regeneración del bosque ni a regular la participación de las especies en la estructura forestal (Brassiolo 2004). Los diámetros mínimos de corta no se ajustan al uso de la industria local, ya que la industria maderera utiliza una gran variedad de especies y diámetros según la disponibilidad de madera (Eliano et al. 2009). En la práctica el aprovechamiento consiste en la extracción de los mejores individuos, frecuentemente sin respetar el diámetro mínimo de corta, lo cual ocasiona la degradación del bosque; que se manifiesta en el aumento de la participación de las especies secundarias del sotobosque (Brassiolo 2004). Esta situación ha provocado un empobrecimiento de los rodales aprovechados siendo indispensable, para revertir esta situación, utilizar técnicas de manejo que aseguren la sustentabilidad sobre la base de la dinámica natural de las especies (Bava y López Bernal 2006).

La falta total de una estrategia oficial de ordenamiento territorial para la región y de criterios de aprovechamiento sustentable de la Selva Pedemontana, sumado a la presión de la ganadería extensiva y la caza de subsistencia, están contribuyendo a la degradación y pérdida del valor productivo de estos ecosistemas. En relación con su estado de protección, la Selva Pedemontana presenta una situación actual endeble y claramente insuficiente para asegurar la persistencia de su biodiversidad a largo plazo, a pesar de esfuerzos recientes para revertir esta tendencia (Brown et al. 2001). Un hecho significativo es que parece no existir una sola hectárea de Selva Pedemontana que no haya estado sujeta a extracción forestal en el último siglo (Del Castillo 2005; Minetti 2006).

En la Selva, los grandes árboles suprimen el crecimiento de los más pequeños y limitan el reclutamiento de nuevos individuos. Esto puede ocurrir cuando se produce un claro generado por un disturbio causado por fuego, huracanes, sequía extremas, caída y tala de árboles. Estos eventos remueven la vegetación existente y promueven espacios para el reclutamiento simultáneo de nuevas poblaciones, provenientes generalmente de semillas (Silvertown y Lovett 1993). Los claros producidos por eventos naturales o antrópicos son aptos para el establecimiento de la regeneración de especies heliófilas, gremio ecológico a la que corresponde la mayoría de las especies de valor forestal de los bosques subtropicales (Fredericksen y Mostacedo 2000; Brown y Malizia 2004). El crecimiento y supervivencia de los renovales se ve afectado por la competencia con plantas pioneras invasoras como bejucos, lianas, arbustos y especies secundarias del sotobosque (Fredericksen y Mostacedo 2000). Las condiciones más favorables para el establecimiento de la regeneración de las especies oportunistas ocurren en la sombra de los márgenes del vuelo forestal (Lamprecht 1990).

El mal uso del bosque puede alterar la capacidad de su recuperación natural cambiando significativamente su estructura y la composición de especies reduciendo la productividad forestal y pérdida de la biodiversidad (Torres Rojo 2000). Esto sería pues, el área basal de las especies maderables es menor al de las especies secundarias no maderables en comparación con sitios no disturbados (Blundo y Malizia 2008).

En términos estrictamente técnicos, las tierras destinadas a la producción forestal deben estar sujetas a un Plan General de Ordenación, de modo de lograr un suministro continuo y sustentable de madera rolliza para las empresas involucradas. Para ello se debe contar con modelos fehacientes que brinden simulaciones adecuadas para generar la información base de dicha planificación (Martínez Pastur et al. 2002). La gestión forestal sostenible de los bosques en regeneración exige contar con información sobre la estructura, crecimiento, producción y regeneración natural, tanto de las especies de valor comercial, como de las que aún tienen un valor económico desconocido. Una mayor profundización en estos aspectos permite comprender la dinámica del bosque y prever el efecto probable que tendrá el tratamiento silvícola (Araujo 2005).

Una práctica silvicultural redescubierta denominado manejo forestal sustentable, persigue asegurar la salud y productividad del bosque en el largo plazo y que a la vez proporcione un flujo continuo de bienes sociales y económicos (Torres Rojo 2000). Este paradigma, que contempla nuevas normas de manejo y DMC, se basa en la conservación y manejo de la regeneración natural, en incrementar el crecimiento de las especies, en fijar un volumen de cosecha adecuado y en mantener una estructura forestal equilibrada de las especies componentes, que asegure la perpetuidad del proceso de producción y extracción de madera, evitando la pérdida de biodiversidad y los bienes, y servicios ambientales brindados por el bosque nativo.

REVISION DE ANTECEDENTES

Bosques Neotropicales-La Selva de Yungas

Los Bosques Montanos Neotropicales están ubicados en gradientes altitudinales que van desde 800 a 3000 m snm (Gentry 1995) y se extienden latitudinalmente desde el límite Norte de los trópicos a los 20° de latitud Norte en México en la Sierra Madre Oriental hasta los subtrópicos en Argentina cerca de los 25° de latitud Sur (Webster 1995). Los límites altitudinales de estos bosques están muy influenciados por el tipo de vegetación adyacente, las variaciones producidas por las interrelaciones entre latitud y elevación, diferentes patrones pluviales, altura y tamaño de las montañas, y la influencia de la altitud sobre la temperatura (Grubb 1974).

Las Yungas australes, también denominadas Selva Tucumano– Boliviana o Selva Tucumano–Oranense, son la expresión más meridional de un sistema que acompaña a los Andes desde Venezuela hasta el Noroeste de Argentina (Brown et al. 2002). Estas ocupan actualmente en Argentina unos 5,2 millones de hectáreas, extendiéndose en una faja de orientación Norte - Sur en las laderas orientales de los cordones montañosos del Noroeste de Argentina, desde la frontera con Bolivia (23° S) hasta el norte de la Provincia de Catamarca (29° S), pasando por las Provincias de Salta, Jujuy y Tucumán. Limita al **E** con la Provincia Chaqueña y al **W** con las Provincias Prepuneña y Puneña. Presentan una longitud de 600 km en sentido Norte–Sur y menos de 100 km de ancho, en un rango altitudinal entre los 400 y 3.000 m snm (POT 2007).

Este rango altitudinal produce tres pisos altitudinales: la Selva Pedemontana desde los 400 a los 700 m snm, la Selva Montana desde los 700 a los 1500 m snm y el Bosque Montano que va desde los 1500 a los 2200 m snm (Cabrera 1976). Cada piso altitudinal posee características estructurales propias, generando asimismos áreas de transición entre ellos.

La situación geográfica de las Selvas Pedemontanas entre dos grandes ecosistemas regionales de características contrastantes, como las Yungas húmedas y el Chaco seco, posiblemente fue un factor relevante en el desarrollo de importantes culturas prehispánicas. Hoy esta franja es el eje del desarrollo de la región y del crecimiento de importantes centros urbanos, como por ejemplo Tucumán, Rosario de la Frontera, Metán, Güemes, Libertador Gral. San Martín, San Pedro, Orán, Tartagal y Embarcación, donde viven alrededor de dos millones de personas (Ayarde 1995, Brown y Malizia 2004).

Composición florística arbórea

En términos generales las características de la vegetación resultan de la acción de los factores ambientales y físicos sobre las especies que cohabitan un área específica, reflejando el clima, el suelo, la disponibilidad de nutrientes, como también de factores antrópicos y bióticos (Matteuci y Colma 1982). La vegetación de las Yungas, responde fundamentalmente a diferencias de altura sobre el nivel del mar, la exposición de las laderas, la pendiente, y el tipo y espesor del suelo (Brown et al. 1985). La Selva de Transición o Pedemontana abarca desde el límite con la Provincia Chaqueña, hasta los 800

m de altitud aproximadamente, ocupando también las Sierras Subandinas bajas y los conos aluviales que forman los ríos principales y los afluentes menores de éstos, los cuales se abren en amplios abanicos al salir del encajonamiento del área serrana (Romano 2007).

Cabrera (1976) divide la Selva de Pedemontana en dos sectores, diferenciando dos comunidades climáticas, la Selva de Palo Blanco y Palo Amarillo en el sector norte (E de Jujuy y N de Salta) y la Selva de Tipa y Pacará en el sector sur (centro y S de Salta y N de Tucumán).

La comunidad denominada “La Selva de Palo Blanco y Palo Amarillo”, está constituida por árboles de 20 a 30 metros de altura. Donde los árboles dominantes son: *Phyllostylon rhamnoides* (J. Poiss.) Taub. (palo amarillo), *Calycophyllum multiflorum* Griseb. (palo blanco), *Patagonula americana* L. (lanza blanca), *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Vell.) Brenan (cebil colorado), *Parapiptadenia excelsa* (Griseb.) Burkart (horco cebil), *Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze (tipa blanca), *Myroxylon peruiferum* L. f. (quina), *Cedrela balansae* C. DC. (cedro orán), *Astronium urundeuva* (Allemão) Engl. (urundel), *Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex DC.) Standl. (lapacho rosado), *Maclura tinctoria* (L.) Steud. (mora amarilla) (Cabrera 1976). La segunda comunidad vegetal ha sido completamente transformada en áreas de agricultura intensiva hacia fines del siglo XIX y principios del XX (principalmente para plantaciones de caña de azúcar), en tanto que la primera aún persiste en una importante superficie superior al medio millón de hectáreas en la alta cuenca del río Bermejo, en la región fronteriza con Bolivia, mayormente en áreas de ladera (Brown y Malizia 2004).

La fenología de las especies vegetales es marcadamente estacional. Más del 70% de las especies y la mayor parte de los individuos arbóreos pierden su follaje durante la estación seca, entre junio y octubre. Estos rasgos convierten a las Selvas Pedemontanas en uno de los ecosistemas forestales más estacionales de Sudamérica. También es estacional la floración de los árboles, que mayormente ocurre en primavera antes de que comiencen las lluvias. El mecanismo de dispersión de numerosas especies arbóreas y de gran parte de las especies de lianas es el viento, y en tal sentido la maduración de los frutos ocurre también durante el período libre de lluvias, de agosto a noviembre (Brown y Malizia 2004).

La pérdida de los recursos forestales en las Yungas

Argentina poseía aproximadamente 100 millones de hectáreas cubiertas por bosques a principios del siglo pasado. En 1915 la superficie forestal se redujo un 30 % de la superficie total del país debido a la ausencia de un plan de Ordenación Forestal; las masas nativas fueron disminuyendo en extensión y en calidad (SAyDS 2005). Actualmente, algo más de 33.000.000 de hectáreas están cubiertas por bosques naturales en las Regiones Fitogeográficas Argentinas, lo que representa una reducción del 66 % en un período de 75 años (Araujo 2005). La superficie ocupada por la Selva Subtropical según el Proyecto NOA II Forestal (Sachtler 1977) en las Provincias de Jujuy, Salta y Tucumán era de 2.109.000 hectáreas; de las cuales 1.370.000 hectáreas correspondían a Selva y 739.000 hectáreas a Bosques de Transición (Selva Pedemontana), de las cuales un millón ya se encuentra transformado en tierras agrícolas (Brown et al. 2002). Este proceso de transformación avanza a una tasa de aproximadamente 10.000 ha anuales en las áreas Pedemontanas (Gasparri y Grau 2006) poniendo en riesgo una parte importante de la superficie remanente de Selva Pedemontana (el piso inferior de las Yungas) por degradación y transformación (Brown y Malizia 2004) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Reducción de la superficie de bosques nativos de la Argentina (SDSYPA 2001).

Masas Forestales Nativas		
Año	Superficie (ha)	Superficie del territorio nacional (%)
1914	106.000.000	38
1956	60.000.000	21
1986	44.000.000	16
1989	36.000.000	12,8

La explotación forestal de los bosques húmedos del NOA, aunque con muy baja intensidad se inició en la época de la colonia, principalmente en Tucumán donde existía "la abundancia de excelentes maderas". La internación del ferrocarril en la Provincia de Tucumán en 1876, la mecanización de las tareas forestales a principios del siglo XX y la facilidad de transporte por ferrocarril para acceder a los mercados de las ciudades del centro del país y la Capital Federal impulsó el desarrollo de la explotación de maderas con un ritmo comercial importante (Del Castillo 2005). Hasta la década de 1950, mientras el rodeo se hacía con bueyes, fueron quedando bolsones de bosque sin explotar por problemas de accesibilidad, pero la introducción de equipos de topadoras para apertura de caminos y las motoarrastradoras para el rodeo de rollizos, determinó que prácticamente dejen de existir los sitios inaccesibles. Por otra parte la introducción de la motosierra en las operaciones de corta incrementó exponencialmente la intensidad de la tala de árboles. La secuencia de la explotación del bosque en términos generales fue: se extraían inicialmente las especies de mayor valor llamadas "maderas preciosas" y luego, a medida que estas se agotaban, o resultaba antieconómica su explotación por la inaccesibilidad, se intensificaba la extracción de las especies de menor valor (Del Castillo 2005). Los bosques se explotaron en sucesivos repasos, según los sitios y extensión de los bosques, durante 30 a 50 años, quedando la fisonomía boscosa carente de especies de valor.

A esta desordenada explotación del bosque con precarias pautas de aprovechamiento, se sumó el efecto del ganado sin manejo, el cual elimina por ramoneo los renovales de casi todas las especies forestales y la resiliencia del sistema. Actualmente, la explotación forestal es realizada por pequeñas empresas de capitales limitados y en circuitos económicos que generalmente bordean la ilegalidad (Brown y Pacheco 2006), favorecidos por una legislación endeble y ausencia de un control riguroso de la comercialización de madera. Además la pérdida de superficie boscosa se enfatiza la por actividad agrícola rentable, simplemente porque la agricultura genera mayores ingresos. Es lo que ocurre en la Selva Pedemontana. Si no se la administra con sumo cuidado, su pérdida supone serios riesgos para la conservación de la biodiversidad, para futuras opciones de producción forestal sustentable o para el aprovechamiento de recursos no madereros como la fauna silvestre, las especies medicinales, los aceites, fibras y tanto otros recursos de la naturaleza (Brown y Malizia 2004).

Entre las consecuencias sociales no puede dejar de mencionarse la pobreza en zonas rurales y los vacíos territoriales por migración. Los orígenes de la pobreza estructural son complejos, pero se puede destacar que existe cierta correlación entre el mal uso del recurso bosque y la pauperización de estas regiones, con altos índices de necesidades básicas

insatisfechas que afectan al 62% de la población en la zona rural. No obstante, y pese a las condiciones críticas de nuestro patrimonio forestal, existe la plena convicción de que los bosques nativos pueden ser aprovechados en forma racional y ser fuente de trabajo permanente para las comunidades que viven en ellos. (SAyDS 2005).

Legislación-Disposiciones normativas Nacionales y Provinciales

En la **Constitución Nacional** el **Artículo 41** establece el derecho de todos a un ambiente sano, equilibrado, y a un desarrollo sustentable, con la obligación de recomponer el daño ambiental donde se reparte la competencia entre Nación y Provincias. Con respecto a **Leyes nacionales**, la **Ley 25.675**: consagra los siguientes instrumentos de política y gestión ambiental: Ordenamiento Territorial; Evaluación de Impacto Ambiental; Educación Ambiental; Información Ambiental; Participación Ciudadana; Seguro Ambiental; Sistema Federal Ambiental; Promoción de la Autogestión; Responsabilidad objetiva por daño ambiental; Proceso Ambiental ágil, con legitimación amplia y reglas especiales. La **Ley 13.273, de Defensa de la Riqueza forestal**, es una ley de adhesión, no de presupuestos mínimos. Clasifica los bosques, establece ayudas y créditos para forestación. Exige en las Provincias adheridas: la creación de una autoridad de aplicación, de un fondo Provincial de bosques y la concesión de exenciones impositivas. Regula el régimen de aprovechamiento de los bosques y el transporte de productos. La **Ley 25.080, de inversiones para bosques cultivados (1999)** tuvo como fin promover nuevos emprendimientos forestales y forestoindustriales sustentables y ampliación de los existentes. Es una ley de adhesión, por lo tanto son las Provincia las que debe designar la autoridad de aplicación y dar exenciones. Esta ley otorga estabilidad fiscal a los emprendimientos beneficiados por 30 años o más. Concede apoyos no reintegrables para proyectos de hasta 500 hectáreas. La **Ley 26.331, de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos (2008)** y establece la obligación de las Provincias de realizar el ordenamiento de los Bosques nativos existentes en su territorio, y las normas técnicas de uso de los predios determinados. A partir de la **Resol 81 SGA/2009**, de aplicación de esta Ley, se realizan convocatorias anuales para proyectos de conservación, manejo y ordenamiento predial de bosques nativos; y se establecen los nuevos DMC (Cuadro 2).

Entre las normativas de la Provincia de Jujuy está en la Constitución Provincial de Jujuy, el **art. 76**, referido al régimen forestal: la Provincia debe proteger sus bosques y tierras forestales y promover la forestación y reforestación de su suelo. Debe contemplar: la explotación racional, las condiciones de los planes de forestación y reforestación que aseguren el acrecentamiento de las especies, la adopción de principios de silvicultura que se adecuen a las técnicas más adelantadas, la instalación de industrias madereras en condiciones ventajosas y la promoción económica de las actividades forestales.

Entre la leyes se destacan la **Nr° 114**, la que crea la Administración Provincial de Bosques como autoridad de aplicación, y el Fondo Provincial de Bosques para costear los gastos que supone la aplicación de la ley; la **Ley 4542**, de protección del árbol y del bosque. Esta última define bosque protector como todo monte natural que vegete en terrenos de la Provincia y como bosque permanente a todo arbolado del dominio público de la Provincia y municipios. Por otra parte, la **Ley 5063**, es la ley general de medio ambiente de la Provincia de Jujuy. Declara entre sus objetivos a la protección de los recursos naturales renovables, a la ordenación y planificación del uso del territorio y de los procesos de desarrollo económico y social, y a la evaluación previa del impacto ambiental de

proyectos de obras o actividades, públicas o privadas. La **Ley 5146**, adhiere a la Provincia de Jujuy a la ley 25.080 de fomento a las inversiones para bosques cultivados. El **Decreto 5113 (1978)**, contiene disposiciones respecto del desmonte con fines de agricultura. Determina nuevos diámetros mínimos de corta. Crea la posibilidad de efectuar reforestaciones de sustitución o compensación en razón de las especies apeadas. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Diámetros mínimo de corta (DMC) de las especies nativas de valor forestal. (Fuente: **RESOL 81 SGA/ 2009**).

Nombre Común	Nombre Científico	DMC (cm)
Cedro rosado	<i>Cedrela lilloi</i>	40
Nogal	<i>Juglans australis</i>	40
Pino del cerro	<i>Podocarpus parlatorei</i>	40
Palo barroso	<i>Blepharocalyx gigantea</i>	40
Pacará	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	40
Cedro oran	<i>Cedrela balansae</i>	35
Lapacho	<i>Tabebuia sp.</i>	35
Tipa blanca	<i>Tipuana tipu</i>	35
Tipa colorada	<i>Pterogyne nitens</i>	35
Quina	<i>Myroxylon peruiferum</i>	35
Otras especies		30

Estado de Conservación y Perspectivas futuras

Las Yungas y la Selva Paranaense de Misiones han sido por décadas las proveedoras de maderas de alta calidad, debido a la extensión de estos ecosistemas forestales y las especies de alto valor maderable que los componen (SDSyPA, 2001). La demanda de madera de especies forestales tradicionales de las Yungas, tales como *C. balansae* (cedro), *T. impetiginosa* (lapacho) y *M. peruiferum* (quina), va en aumento dada la situación económica actual con mercados favorables para la exportación y, a la vez, por el incremento del consumo interno debido a la disminución de importaciones de países vecinos (Bolivia, Paraguay y Brasil).

La transformación a que está sometida la Selva Pedemontana, provoca que las áreas remanentes de bosque presenten un fuerte proceso de simplificación estructural. La situación actual es endeble y claramente insuficiente para asegurar la persistencia de su biodiversidad a largo plazo, a pesar de esfuerzos recientes para revertir esta tendencia (Brown y Malizia 2004). Los aprovechamientos forestales se basan en cortas selectivas, que no son acompañadas por tratamientos silvícolas que garanticen la recuperación y preservación de la capacidad productiva del bosque (Brown et al. 2006).

La Selva Pedemontana debiera considerarse como el “*sistema forestal bajo manejo*” por excelencia, por su importante diversidad forestal, sus altas tasas relativas de crecimiento, su cercanía a las rutas y centros poblados, su mayor estacionalidad climática que permite el acceso a las áreas boscosas durante prácticamente 10 meses al año, y por presentar menores costos de construcción de caminos. El área de Yungas australes es a su vez la que cuenta con la mayor actividad forestal del noroeste de Argentina y el bloque forestal continuo de mayor superficie (más de 1,5 millones de ha) (Brown y Pacheco 2006).

Una medida importante para contribuir a salvaguardar el futuro del valor maderable de las Yungas, es la reforestación a través de enriquecimientos o macizos con fines

comerciales, con especies nativas de valor comercial, aliviando la presión sobre las formaciones nativas (Lamprecht 1990; Mármol 1995; Del Castillo 2005; Minetti 2006). En ese sentido una serie de experiencias se han desarrollando durante la última década, combinando distintas especies, densidades y tareas de mantenimiento (Horlent y Monteverde 2006; Del Castillo et al. 2006). Estas experiencias generan la opción de que las plantaciones forestales con especies nativas sean una alternativa productiva, frente a plantaciones con especies exóticas de rápido crecimiento e incluso frente a cultivos agrícolas como la soja. Adicionalmente podrían cumplir la función de restaurar antiguas áreas de bosque en sitios ambientalmente estratégicos, como márgenes de ríos o corredores para la fauna, que permitan reconectar áreas actualmente disyuntas. El desarrollo de Plantaciones MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio) que generan recursos adicionales a partir de la comercialización de bonos de carbono, podría ser asimismo una herramienta financiera importante para generar un cambio de paradigma productivo en el desarrollo económico de la región (Brown y Pacheco 2006).

La plantación experimental de Valle Morado, en el Departamento de Orán, Provincia de Salta, perteneciente a la Fundación ProYungas (Blundo y Malizia 2008) y las plantaciones experimentales de la Estación Experimental-INTA-Yuto, en Ledesma, en la Provincia de Jujuy (Del Castillo 2005), han aportado información sobre el desarrollo de especies nativas, lo que ha generado alternativas de producción de maderas valiosas en plantaciones comerciales. También se realizaron ensayos de progenies, con el objetivo de conocer las características genéticas de la especie y la capacidad de transmitir sus cualidades madereras de una generación a otra. (Horlent y Monteverde 2006; Del Castillo et al. 2006). A esto debe sumarse programas nacionales como el encarado por el INTA a partir de 2006, como el Proyecto Integrado de Domesticación de Especies Nativas. Este proyecto cuenta con el trabajo de profesionales de las Estaciones Experimentales Agropecuarias Famaillá (Tucumán), Yuto (Jujuy) y Montecarlo (Misiones) del INTA y del Instituto de Recursos Biológicos del INTA Castelar. Además, recibe el aporte de investigadores de las Universidades Nacionales y la colaboración de Empresas Privadas. El objetivo que plantea el proyecto es "generar y transferir tecnologías para el cultivo de especies nativas con vistas a la producción de madera de alto valor comercial y delinear estrategias de conservación y/o recuperación de ecosistemas degradados de las Selva Pedemontana de Yungas"(Boletín INTA, 2006). De la misma manera otras especies menos conocidas comienzan a desempeñar un papel importante sustituyendo a las tradicionales (SAyDS 2005). Un ejemplo de esto es el *A. colubrina* var. *cebil* (cebil colorado), el cual ha sido utilizado tradicionalmente en construcciones rurales. Recientemente se han exportado cantidades pequeñas a los mercados europeos y de Norteamérica como pisos de exterior (decking), duplicando y triplicando el valor por pie cuadrado maderero (Romano 2004).

En la región las empresas forestales privadas, como por ej. GMF Latinoamérica SA, Forestal Santa Bárbara SA o La Moraleja SA, se encuadran en certificación FSC, cuya prioridad es que los productos forestales certificados proceden de montes aprovechados de forma racional. Este aprovechamiento racional debe hacerse, de acuerdo a Estándares Internacionales que contemplan aspectos ambientales, sociales y económicos y que definen los niveles mínimos de la buena gestión para los bosques.

También se difunden a través de talleres El Programa de Manejo Forestal Responsable (ProFor) de la Fundación ProYungas, que apoya acciones que conllevan al manejo forestal sustentable de los bosques subtropicales. Además de normas de manejo y talleres, las bondades del buen manejo forestal deben comunicarse a audiencias más

amplias mediante un mejor material de divulgación, más información científica sobre el manejo de especies nativas y difundirse con mayor ímpetu las experiencias y conocimientos existentes en organismos como el INTA, las Universidades, las Secretarías de Medio Ambiente Provinciales (con oficio de Direcciones de bosques) y la Secretaría competente del Gobierno Nacional (Minetti 2006).

En Argentina, el interés en el manejo de bosques secundarios para la obtención de productos maderables ha aumentado en los últimos años, existiendo leyes que amparan y subvencionan el manejo sustentable, como la Ley de Inversiones para Bosques Cultivados (N° 25.080), que promueve el enriquecimiento de los bosques degradados. Adicionalmente, el desarrollo e implementación de Planes de Ordenamiento Territorial (Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos N° 26.331) en grandes extensiones de áreas boscosas pone en relieve la importancia de los bosques nativos y la necesidad de mantener en el tiempo sus valores productivos, en este caso el forestal (Blundo y Malizia, 2008).

Modelo de manejo silvícola y la tendencia actual en la región

Los sistemas de manejo de bosque nativo en la Selva Pedemontana están técnicamente basados en un sistema de selección o tala selectiva de los mejores ejemplares, según el diámetro mínimo de corta, elegidos en forma arbitraria y sin considerar condiciones ecológicas de las distintas poblaciones de especies como condiciones de nicho de regeneración, la tolerancia, la tasa de crecimiento, la tasa de mortalidad y la capacidad de regeneración (Del Castillo 2005; Eliano et al. 2009; SGAJ 2012).

Regionalmente, las grandes falencias en cuanto al manejo actual están comprobadas ya que no resguardan la conservación, periodicidad y sustentabilidad de los procesos productivos en la Selva (Bava y López Bernal 2006). Esto se da pues:

- Cuando se cortan sólo los mejores fustes de las especies más valiosas, sin aplicar tratamientos silviculturales para eliminar árboles defectuosos o fustes de especies no comerciales, el bosque es dominado gradualmente por especies no comerciales (Lamprecht 1990).
- El uso de límites diamétricos puede causar complicaciones a los encargados del manejo que deseen ajustar las distribuciones diamétricas de las especies que aprovechan (Fredericksen et al. 2001).
- Además los DMC pueden suprimir el desarrollo de mercados en los que se usan fustes de diámetros menores (Fredericksen et al. 2001).

A partir de la sanción y promulgación de la Ley 26.331, la Provincia de Jujuy se encamina hacia el ordenamiento de los recursos forestales nativos presentes en su territorio, dictando una serie de normas Provinciales como el Decreto 2187 (2008) y la Resolución 81 (2009). El primero dispone la aprobación el Plan de Ordenamiento Territorial Adaptativo para Áreas Boscosas de la Provincia de Jujuy y el segundo reglamenta el decreto y establece pautas para la evaluación del impacto ambiental, y para la aprobación de planes de manejo sostenible y cambio de uso de suelo de las áreas boscosas (GMSJ 2010).

En este contexto, el nuevo paradigma es el **Plan de Manejo Forestal Sustentable** (PMFS) la herramienta fundamental para la gestión de los bosques nativos.

Este paradigma se basa en:

- La aplicación de un *diámetro óptimo de corta*, el cual está relacionado con aspectos tecnológicos de las maderas y de uso en la industria (Eliano et al. 2009).
- El sistema silvicultural es el *Sistema de Árbol Futuro*, que se basa en la extracción de árboles maduros, observando con atención los individuos en las clases de tamaño menores, sobre los cuales se aplicarán los tratamientos intermedios, con el objetivo de garantizar su adecuado crecimiento hasta llegar al próximo ciclo de cosecha (SGAJ 2012).
- La aplicación del concepto de *Continuo Forestal*, basado en la ordenación forestal determinando el área de aprovechamiento anual, el turno de corta, el ciclo de corta de las especies, la reserva de crecimiento que queda luego del aprovechamiento, las especies principales a manejar, el nivel de extracción o tasa de aprovechamiento y el método de reproducción (Araujo 2005).

Muchas de estas aspiraciones están carentes de investigación científica y muchas de ellas están sustentadas en la necesidad de obtener datos de crecimiento diamétrico de las especies y variación de la estructura forestal posterior a la aplicación de un tratamiento silvícola. Lo expuesto brinda el contexto sobre la importancia de los datos aportados por esta tesis.

Prioridades regionales de conservación (Fuente: POT, 2007)

Se determinó a la Alta Cuenca del Río Bermejo, área donde está contenida la Selva Pedemontana en su totalidad, como el área prioritaria de conservación del norte de Argentina y sur de Bolivia (Brown 1995; Brown et al. 2002). Por tal motivo, esta zona ha sido considerada como una de las áreas de biodiversidad sobresaliente de la Argentina (Bertonatti y Corcuera 2000).

Las razones de la priorización de la Alta Cuenca del Río Bermejo pueden resumirse en los siguientes argumentos:

- Presenta la mayor superficie continua de Selvas de montaña de Argentina (1,5 millón de hectáreas), la cual involucra cerca del 50% del ecosistema regional remanente (Yungas en sentido estricto), con un 30% más de especies que cualquier otro sector de Yungas de Argentina. Las razones de ello son la gran superficie, la persistencia de un gradiente altitudinal completo, la conectividad con el Bosque chaqueño, el buen estado de conservación general, una condición de mayor «tropicalidad» y probablemente una historia de estabilidad ecosistémica que le permite contar con un número importante de endemismos.
- Escaso esfuerzo de conservación realizado hasta el presente. En esta zona alrededor de 200.000 hectáreas se encuentran bajo protección legal entre reservas de dominio nacional y Provincial, aunque el mismo aún es deficiente en términos de representatividad regional, conectividad y manejo (Cuadro 3).
- Es la única área que puede garantizar a largo plazo la persistencia de la biodiversidad completa de las Yungas, incluyendo especies de grandes mamíferos como el tigre o yaguararé (*Panthera onca*), anta (*Tapirus terrestris*), chanco majano (*Tayassu*

albirostris) y chanco rosillo (*T. pecari*). Posiblemente, el mantenimiento de estas grandes especies dependa de la persistencia de su conectividad con la región chaqueña aledaña.

- Posee importantes recursos forestales maderables y no maderables que, conjuntamente con los recursos hídricos, sustentan el desarrollo económico de la Selva Pedemontana, que incluye unas 100.000 ha de cultivos bajo riego.
- Presenta la concentración más importante del país de comunidades aborígenes y campesinas que viven en relación estrecha con el bosque, las cuales poseen un elevado conocimiento de la biodiversidad local.
- Presencia de comunidades edáficas forestales con condiciones de biodiversidad particulares, como las sabanas de ceibo rosado (*Erythrina domingensis*) y lapacho de sabana (*Tabebuia aurea*) y los palmares de palma blanca (*Copernicia alba*).
- Existencia de Humedales (madrejones, lagunas y bañados) de biodiversidad sobresaliente, inmersos en una matriz dominante de Yungas o Chaco. Estos Humedales albergan especies amenazadas o en peligro de extinción, como el yacaré overo (*Caiman latirostris*), el pato criollo (*Cairina moschata*) y el tapir o anta (*Tapirus terrestris*).

Cuadro 3. Áreas protegidas y categoría de manejo existentes en la Selva de Yungas (Fuente: ABNA, 2005).

ÁREAS PROTEGIDAS				
NOMBRE DEL ÁREA PROTEGIDA	CATEGORÍA DE MANEJO	PROVINCIA	ENTE ADMINISTRADOR	SUPERFICIE (ha)
Potrero de Yala	Parque Provincial	Jujuy	APN	4.292
Calilegua	Parque Nacional	Jujuy	APN	76.306
Yungas 2	Reserva de la Biosfera	Jujuy	Provincial	320.000
El Rey	Parque Nacional	Salta	APN	44.162
Baritú	Parque Nacional	Salta	APN	72.349
Acambuco	Reserva Provincial	Salta	Provincial	8.266
Los Cardones	Parque Nacional	Salta	APN	850
Laguna Pintascayo	Parque Provincial	Salta	Provincial	12.139
Lotes 32-33	Reserva Natural Provincial	Salta	Provincial	13.000
El Nogalar	Reserva Nacional	Salta	APN	
Cerro San Bernardo	Reserva Municipal	Salta	Municipal	100
Finca Las Costas	Reserva Permanente e intangible	Salta	Intangible	10.269
Gral. Belgrano	Área de Conservación Campo privado	Salta	Privada	3.191
Lote 5-B Carabajal	Reserva Privada	Salta	Privada	
Yungas 1	Reserva de la Biosfera	Salta	Provincial	860.000
Sierra de San Javier (UNT)	Parque Universitario	Tucumán	Universidad	14.200
La Florida	Parque Natural Provincial	Tucumán	Provincial	9.882
Santa Ana	Reserva Natural Provincial	Tucumán	Provincial	20.000
Aguas Chiquitas	Reserva Provincial	Tucumán	Provincial	3.165
Los Sosa	Reserva Provincial	Tucumán	Provincial	890
Campo de Los Alisos	Parque Nacional	Tucumán	APN	10.661
La Angostura	Reserva Natural	Tucumán	Provincial	1.148
Quebrada del Portugués	Reserva Natural Estricta	Tucumán	Provincial	12.000
Horco Molle (UNT)	Reserva Natural	Tucumán	Universidad	200

El mecanismo institucional que se ha buscado para preservar a largo plazo esta región es la creación de la Reserva de Biósfera de las Yungas dentro de un marco de ordenamiento territorial que incluye la reserva y las zonas de influencia directa como áreas de Bosque chaqueño y Selva Pedemontana colindantes (departamentos San Martín y Orán en Salta y los departamentos Ledesma y Palpalá en Jujuy).

Para lograr la conservación y el desarrollo sustentable de la región es necesario implementar las siguientes acciones prioritarias dentro de un marco jurídico consistente:

- Crear y mantener áreas naturales protegidas de Selva Pedemontana es una prioridad tanto regional como nacional. Dadas las características estructurales ya mencionadas de estas Selvas, un esquema de protección amplio y eficiente podría incluir niveles adecuados de aprovechamiento forestal sustentable (Brown y Malizia 2006).
- Desarrollar una zonificación ecológica y ordenamiento territorial que incluya unidades ambientales, propiedades privadas, áreas con distinto nivel de presión antrópica actual o potencial, áreas de biodiversidad sobresaliente, corredores biológicos, áreas protegidas. etc. (Brown 1995), zonas de amortiguamiento en los cauces de ríos y arroyos para minimizar la erosión hídrica (Romano 2004).
- Identificar las áreas más sensibles fuera de las actuales reservas y parques, y orientar los esfuerzos hacia establecer nuevas reservas para reducir la fragmentación del bosque y con conectividad entre ellas con el fin de preservar la biodiversidad y mantener la estabilidad climática (Brown 1995).
- Mantener la matriz boscosa dominante del paisaje que se encuentra fuera de las áreas protegidas bajo un sistema de manejo sustentable con la utilización de técnicas de extracción de la madera de impacto reducido para minimizar el daño en los bosques residuales luego de la cosecha (Romano 2004). Esto se debe lograr además integrando el ganado al bosque a través de los sistemas silvopastoriles (Brown 1995) para lo cual es necesario incrementar sustancialmente la información disponible y dar participación a las comunidades y productores de la región.
- Lograr un marco de compromiso y participación del sector empresarial de la región que apunte al desarrollo sustentable en un marco de responsabilidad social. En este sentido los sistemas productivos agrícolas y forestales deben insertarse en un paisaje que considere la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ambientales.
- Estimular una mayor sustentabilidad de los sistemas agrícolas tradicionales incluyendo cultivos de renta, mejoramiento de los sistemas de riego y búsqueda de mercados para la comercialización de sus productos y fortalecimiento de la organización local.

Adicionalmente estimular la preservación *in situ* del germoplasma asociado a los sistemas boscosos tradicionales y del conocimiento etnobotánico asociado a estas comunidades vegetales.

Estado actual del conocimiento sobre la temática tratada, en la Región Sudamérica y Caribe.

La pérdida de cobertura forestal continúa a ritmo preocupante en América Latina, contribuyendo al aumento y persistencia de la pobreza en los países de la región definiendo consecuencias económicas, sociales y ambientales de gran magnitud y de difícil cuantificación (FAO 2010). En la región, la actividad forestal como un todo es una de las

industrias menos desarrolladas de su tipo en el mundo, en términos del uso de técnicas de manejo forestal modernas, de ciencia o de tecnología, equipos y métodos de cosecha, recuperación y uso del recurso maderero (PIFC 1996). Desde mediados del siglo pasado se han probado, en diferentes tipos de bosques tropicales y subtropicales, una gran diversidad de sistemas silviculturales, tendientes a asegurar una producción sostenible de madera. Los resultados de la aplicación de estos sistemas han sido tan diversos como lo son las condiciones ecológicas, culturales, políticas y económicas en las que se han desarrollado (Lamprecht 1990). Entre ellos los países limítrofes practican sistemas de aprovechamiento con bases en conceptos empíricos y de observación con escaso fundamento científico. Por ej. en Bolivia se emplea el uso de diámetros mínimos de corta; en Brasil se emplea un sistema de aprovechamiento basado en el “refinamiento” dirigido a eliminar una porción de la comunidad de especies no comercializables; en Perú se emplea un sistema de “inducción” consistente en eliminar árboles de especies no comerciales, ubicados en estratos bajos e intermedios con copas amplias (Valerio 1996).

En América Latina y el Caribe, según publicaciones de algunos años atrás de la misma FAO, se establecía que la práctica del manejo forestal sostenible no tenía avances significativos, existiendo más en la teoría. Esto debido, en parte a que la información generalmente se encontraba dispersa, dificultando tener una visión general de la diversidad de situaciones y casos de gestión (FAO 2010).

En general son sistemas ambiciosos que buscan la sustentabilidad de los procesos productivos forestales basados en compromisos escritos sobre las responsabilidades silviculturales y de reforestación como se requiera para asegurar el crecimiento y sostenibilidad del bosque y que incluyan: Monitoreo de tasas de mortalidad de plántulas y asegurar que el crecimiento y rendimiento se mantenga a niveles aceptables y mejorar las bases de conocimiento que promueven el desarrollo de prácticas de manejo sustentable (Mostacedo y Fredericksen 2001).

En la región existen centros de investigación pioneros en la investigación del crecimiento y dinámica de los sistemas forestales nativos que proporcionan una abundante bibliografía como el BOLFOP (Programa de manejo forestal) en Bolivia con numerosas trabajos y publicaciones sobre estructura y composición florística (Sanchez 1995; Rodríguez y Montero 2002;) regeneración y silvicultura (Mostacedo y Fredericksen 2001; y ecología, dinámica (Uslar et al. 2003) crecimiento diamétrico (López et al. 2012). El BOLFOP ha realizado la instalación de una red de parcelas permanentes en las masas boscosas de la Amazonia Boliviana y en los Bosques subtropicales limítrofes con Argentina y Paraguay (Leaño y Saravia 1998; Contreras et al. 1999) con los datos de incrementos diamétricos obtenidos lograron modelo de simulación para evaluar las posibilidades de cosechas en un primer turno de corta de bosques subtropicales (Dauber 2003) y el tiempo en que demanda un sistema boscoso en recuperar su volumen de cosecha posterior al aprovechamiento según diámetros mínimos de corta (Brienen et al. 2003). Otro Centro de mucha influencia en la información brindada es el CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) en Costa Rica. Entre lo más destacado de su labor está la creación de una red de parcelas permanentes en la mayor parte de CentroAmerica (Costa Rica, Guatemala, Panama y Nicaragua) (Finegan y Guillén 1996) a partir de la cual se estimó la edad y crecimiento de los bosques de Costa Rica (Meza et al. 2003) y la ordenación forestal y silvicultural de esos bosques (Torres Rojo 2000; CATIE 2001).

También hay apoyo de organizaciones mundiales como la FAO (Organización de las naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) que brindan ayuda para la

elaboración de trabajos en manuales sobre manejo sustentables de bosque y buenas prácticas forestales en aprovechamiento forestal (FAO 2010).

Estudios realizados en la Selva Pedemontana de Yungas en Argentina.

En principio la Selva de Yungas fue ampliamente estudiada en Argentina, desde el punto de vista florístico (Lillo 1919; Tortorelli 1956; Meyer 1951; Digilio y Legname; Dimitri y Biloni 1974; Cabrera 1976; Hueck 1978; Legname 1982; Vervoost 1982 Brown et al 1985 Brown 1991; Prado 1995; Valdora y Soria 1999; Zapater et al 2004; Martínez y Andrade 2006). Posteriormente se hizo hincapié en estudios de composición, estructura y diversidad de las especies arbóreas, en particular con énfasis en el agrupamiento debido a gradientes ambientales y altitudinales (Brown et al. 1985; Ayarde 1995; Morales et al 1995; Serrano Pacheco 2004; Malizia et al 2006; Romano 2007). Todos estos trabajos desarrollaron sus objetivos destinados principalmente a la conservación de los recursos florísticos de la Selva Pedemontana. También existen numerosos trabajos relacionados con la ecología y manejo de poblaciones arbóreas, con especial preferencia en las de mayor valor forestal como por las especies del género *Cedrela* (Grau y Brown 1995; Chalukian 1991; Del Castillo 2001; Aschero 2006; Pacheco y Yapur 2006). En la actualidad ha tomado relevancia la investigación en el manejo recuperación y conservación sustentable de la Selva Pedemontana desde un punto de vista económico ecológico y socialmente aceptable (Mármol 1995; Del Castillo 2005; Del Castillo 2006; Morenghi 2006 Blundo y Malizia 2008).

Con respecto a estudios relacionados con esta tesis se observan trabajos de crecimiento de especies nativas obtenidos por análisis dendrocronológicos (Villalba 1995; Grau y Pacheco 1997; Gasparri y Goya 2006; Wellenbeck 2007) y por mediciones anuales de DAP (diámetro altura al pecho) o altura en ensayos experimentales (Del Castillo 2005 Horlent 2006). Con respecto a estudios de crecimiento realizados a partir de datos obtenidos de parcelas permanentes de medición solo se obtiene de la bibliografía Boliviana (Uslar et al 2003; Dauber 2003); lo referente a nuestro país se relaciona a datos de crecimiento de especies del bosque Chaqueño (Brassiolo y Pokorny 2000; Araujo 2005; Araujo 2007).

Los escasos trabajos científicos sobre crecimiento y dinámica forestal de las poblaciones arbóreas que conforman la Selva Pedemontana refuerzan la necesidad e importancia de esta tesis.

Planteamiento del problema

En la Selva Pedemontana actualmente todas las prácticas silviculturales se transforman en extracciones o clareos que comienzan con las especies de mayor diámetro y valor tecnológico, y se continúa hasta agotar completamente el bosque. A la desordenada explotación del bosque se debe agregar el efecto del ganado, que elimina por ramoneo brinzales de especies forestales anulando por completo la renovación o futuro del bosque (Del Castillo et al. 2005).

La catastrófica situación ha llevado a determinar y experimentar acciones que favorezcan a la regeneración natural o inducida del bosque nativo. Estas prácticas forestales están orientadas al manejo sostenible del bosque.

Merenson (1999) informó que a causa de los incorrectos usos del suelo, junto a técnicas forestales inadecuadas y aún ausentes, redundaron en la alarmante disminución de los volúmenes de las especies forestales nativas. La preservación de un paisaje tan heterogéneo, junto con la rica biodiversidad que albergan, sólo será posible si se elabora una estrategia de conservación por la cual las áreas protegidas se complementen con el manejo sustentable del espacio circundante. Esta estrategia debe buscar la forma de trabajar sobre la matriz boscosa dominante del paisaje, sobre los corredores biológicos, particularmente sobre las tierras privadas y comunales. Para ello, es central la generación de conocimiento y la capacitación técnica y científica de quienes regulan y de quienes toman las decisiones de manejo.

La ejecución y finalización de esta tesis generará información y conocimiento técnico para la toma de conciencia y decisiones en un sistema de manejo forestal sostenible, y que sirvan para potenciar la actividad forestal orientada a que esta ocupe un rol económico, social y ambiental destacado en el desarrollo Provincial.

A partir de la revisión de antecedentes y las prioridades de conservación en esta Tesis de Maestría se buscan las respuestas a los siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es la situación actual del bosque en sus aspectos estructurales y como puede utilizarse esa información para evaluar las posibilidades de manejo de las poblaciones de especies arbóreas de interés forestal?
- ¿Cuál son las variaciones de las tasas de crecimiento, reclutamiento y mortalidad de las especies que se pueden esperar luego de modificaciones de la estructura forestal generada por un aprovechamiento forestal?
- ¿Cómo influyen modificaciones estructurales sobre los individuos dominantes y codominantes (aprovechamiento), sobre las tasas de crecimiento y mortalidad de los estratos intermedios e inferiores, y sobre la tasa de reclutamiento de las especies?
- ¿Qué especies de valor forestal aumentan sus tasas de crecimiento y en qué proporción cuando se realiza la disminución de la competencia interespecífica?

Las respuestas a estos interrogantes y las que aún quedan para ser respondidas en estudios futuros servirán para ir construyendo las bases para una gestión sostenible de las reservas de crecimiento presente que se concretarán en productos y servicios en el futuro.

OBJETIVOS

Objetivo general

Modelar la dinámica forestal basada en los patrones observados de crecimiento, reclutamiento y mortalidad de las especies nativas de interés forestal de la Selva Pedemontana de Yungas.

Objetivos particulares

- 1.- Determinar la composición florística de especies y estructura forestal de la Selva Pedemontana.
- 2.- Definir los parámetros estructurales (clase diamétrica, posición sociológica, densidad especies maderables, densidades especies no maderables, etc.) que influyen sobre la tasa de crecimiento y estimar las curvas de crecimiento de las especies de interés forestal.
- 3.- Determinar las tasas de reclutamiento y mortalidad de las especies; y el movimiento de individuos de una clase diamétrica a la próxima en diferentes situaciones estructurales.
- 4.- Estimar la influencia de las variaciones espaciales de la estructura forestal (ocupación del rodal) sobre las tasas de crecimiento, reclutamiento y mortalidad de las especies.
- 5.- Analizar las modificaciones en el turno de corta debido a la reducción del área basal y densidad de especies no maderables.
- 6.- Proyectar el crecimiento y dinámica de la masa forestal en el tiempo. en respuesta a modificaciones de la estructura forestal que cambian las condiciones de competencia.

Hipótesis

Existe un proceso competitivo entre las especies arbóreas de interés forestal y las restantes especies arbóreas presentes en el rodal, por lo que el crecimiento de las primeras resulta inversamente proporcional a la densidad de las segundas.

Estructura de la tesis

En el apartado de revisión de antecedentes se presenta el marco conceptual sobre el uso actual y sus perspectivas futuras de la sustentabilidad del manejo forestal y en la preservación de los bienes y servicios que se obtienen de la Selva de Yungas.

La tesis plantea 6 objetivos los cuales pretenden englobar el diagnóstico actual de la Selva, estimar el crecimiento y dinámica natural de las especies nativas componentes y de interés forestal. Con los datos obtenidos se pretende definir la evolución posible de la masa forestal a partir de modelos matemáticos que emplean la ocupación del rodal, crecimiento de las especies y de la dinámica forestal como variables.

En el capítulo referido a los materiales y método se presentan características estructurales, biológicas, fisiográficas y climáticas de la Selva de Yungas, y se indica cómo se obtuvieron los datos utilizados en el estudio, así como la metodología empleada con la que se analizó la estructura, el crecimiento, dinámica y la proyección en el tiempo, del crecimiento y producción futura de la Selva.

En el capítulo de resultados, se presentan los mismos en forma de cuadros y figuras con comentarios explicativos, con los datos de estructura, crecimiento, dinámica

poblacional, influencia de la ocupación del rodal sobre el crecimiento, se proyectó la evolución de la Selva en dos situaciones de manejo. Luego se agrega una discusión de los resultados que sugiere las limitaciones y aplicaciones teóricas prácticas de estos. Además se agrega un ítem que define pautas teóricas para el manejo y preservación de la biodiversidad de la Selva.

En el último capítulo se presentan las conclusiones del estudio sobre cada uno de los aspectos tratados, respondiendo los interrogantes expuestos en el planteo del problema.

A.- MATERIALES

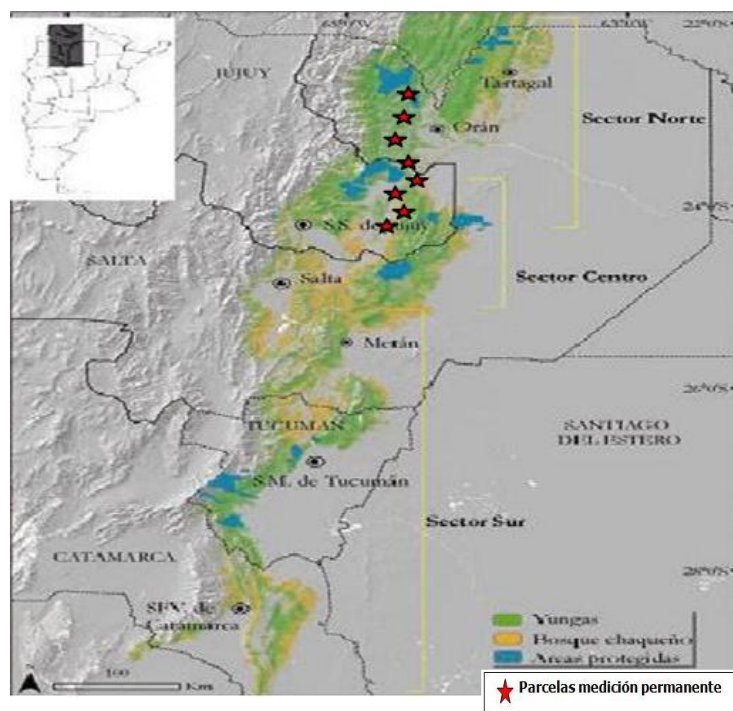
A.1. Área de estudio

La Selva Pedemontana es el piso altitudinal más bajo de las Yungas, se encuentra entre los 400 m a 650 m snm, posee el mayor interés forestal por la presencia de especies de mayor valor comercial como el *C. balansae* C. DC. (cedro), *Pterogine nitens* Tulasne. (tipa colorada), *A. cearensis* A. C. Smith (roble criollo), *M. peruiiferum* L. F. (quina), *A. urundeuva* Engl. (urundel), *T. impetiginosa* (Mart ex D.C.) Standl. (lapacho rosado), *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. Et Steud. (afata), siendo estas las más importantes económicamente (Del Castillo 2005; Minetti 2006). Esta Selva constituye un ‘relicto biogeográfico’ con un papel ecológico fundamental sirviendo de refugio de aproximadamente unas 200 especies de aves (20% de las aves argentinas) y aproximadamente 97 especies de mamíferos (27% de los mamíferos argentinos). Es el hábitat de al menos 278 especies de plantas leñosas (árboles, arbustos y lianas). Solo de árboles encontramos 104 especies, de las cuales 40 (38%) son exclusivas del sector Norte de las Yungas argentinas (Provincias de Salta y Jujuy). La Selva de Yungas constituye una de las áreas con mayor riqueza específica exclusiva de la Argentina (Brown y Malizia 2004), categorizada por la UNESCO en 2002 como ‘Reserva de la Biosfera’, transformándose con sus 1,3 millones de hectáreas, en la reserva de este tipo más extensa y biodiversa de nuestro país (Malizia et al. 2006) (Mapa 1).

A.2. Ubicación de las parcelas de medición permanente

Se trabajó en 8 parcelas de medición permanente (PMP) instaladas en el año 2003, que corresponden a parcelas de la Red Subtropical de Parcelas Permanentes (RedSPP) de la Fundación ProYungas (Blundo y Malizia 2008). La localización de la PMP fue definida mediante la interpretación de mapas de vegetación e imagen de satélite, además se tomó en cuenta su accesibilidad y estado de conservación (Malizia et al. 2006; Blundo y Malizia 2008). Se encuentran distribuidas a lo largo del gradiente latitudinal que abarca la Selva Pedemontana de las Yungas, 22° a 28° de latitud sur, en el rango altitudinal de 400 a 800 msnm, que de acuerdo a la clasificación por pisos altitudinales (SRNyDS 1998; Brown et al. 2002), abarcan una superficie de 1500 km². La ubicación de las parcelas corresponde a los departamentos de Ledesma en la Provincia de Jujuy y Orán en la Provincia de Salta (Mapa 1) (Cuadro 4).

Mapa 1.- Ubicación de la Selva de Yungas en Argentina y de las parcelas de medición permanente (Fuente, Ordenamiento territorial Provincia de Jujuy, 2007).



Cuadro 4. Ubicación e identificación de las parcelas de medición permanente.

Parcela	Nº	Lat. S (grados)	Long. O (grados)	Altitud (msn. m)	Localidad	Provincia
Candado Chico	VIII	22° 37.6'	64° 26.7'	600	Finca Candado Chico, Orán	Salta
Tecpetrol	II	22° 55.9'	64° 27.0'	500	Empresa Tecpetrol, Orán	Salta
Abra Grande	I	23° 7.3'	64° 28.3'	550	Finca Abra Grande, Orán	Salta
Tabacal	III	23° 13.3	64° 27.7'	500	Ingenio Tabacal, Orán	Salta
Valle Morado	IV	23° 26.5'	64° 31.2'	650	Finca Urundel, Urundel, Oran	Salta
San Martín	V	23° 46.2'	64° 48.3'	600	Ingenio Ledesma, L. G. San Martín	Jujuy
Yuchán	VI	23° 56.4'	64° 54.3'	500	Ingenio Ledesma, L. G. San Martín,	Jujuy
Aibal	VII	24° 0.3'	64° 56.2'	750	Finca El Aibal, Fraile Pintado	Jujuy

El acceso de la parcelas se realiza por la ruta Nacional 34 en la Provincia de Jujuy y por la ruta Nacional 50 en la Provincia de Salta.

A.3.- Características estructurales de la Selva Pedemontana

La Selva Pedemontana que aún se presenta en relativo buen estado de conservación tiene un dosel casi continuo de entre 25 y 35 metros de altura con un área basal de 30 a 35 m²/ha y alrededor de 30-50 especies arbóreas por hectárea que definen su estructura. Es además uno de los pisos altitudinales con mayor riqueza de especies en la Selva de Yungas (Cuadro 5). En general se observan 2-3 estratos arbóreos, siendo importante además el

estrato de enredaderas conformado por lianas leñosas (Brown y Malizia 2004). El número de especies dominantes es elevado y sus interrelaciones sumamente complejas de acuerdo con las variaciones microclimáticas y edáficas entre otros factores (Romano 2007).

Cuadro 5. Características estructurales de las áreas boscosas de la Selva de Yungas. (Fuente: Malizia 2004). Los datos son promedio \pm la desviación estándar.

	Altitud m.s.n.m.	Área basal (m ² /ha)	Densidad (ind./ha)	Riqueza (especies/ha)	Especies dominantes (en orden decreciente de abundancia)
Selva Pedemontana	600	25,7 \pm 1,3	473,5 \pm 27,5	39,0 \pm 2,9	<i>A. colubrina</i> , <i>P. rhamnoides</i> , <i>T. hieronymi</i> , <i>P. excelsa</i> , <i>C. multiflorum</i>
Selva montana	1.100	27,5 \pm 2,1	458,3 \pm 30	39,6 \pm 2,4	<i>Miconia molybdea</i> , <i>Croton densiflorus</i> , <i>Siphoneugenia occidentalis</i> , <i>Blepharocalix salicifolius</i> , <i>Inga marginata</i>
Ecotono Bosque	1.600	33,1 \pm 1,9	573,7 \pm 34,3	28,2 \pm 2,4	<i>Allophylus edulis</i> , <i>P. parlatoresi</i> , <i>B. salicifolius</i> , <i>P. excelsa</i> , <i>Myrcianthes pseudomato</i>
Bosque montano	2.100	36 \pm 1,0	508,3 \pm 70,5	14,2 \pm 2,0	<i>P. parlatoresi</i> , <i>Prunus tucumanensis</i> , <i>Viburnum seemeni</i> , <i>Ilex argentina</i> , <i>Crinodendron tucumanum</i>

Se consideran tres posiciones sociológicas, un estrato superior, uno medio y otro inferior. Las especies *A. colubrina*, *A. urundeuva* y *T. tipu* como especies del dosel superior. Las especies que constituyen el dosel medio son *P. rhamnoides*, *Patagonula americana*, *T. impetiginosa*, *P. excelsa*, *A. cearensis*. Un grupo particular de especies, presenta altos valores de abundancia absoluta similares en los doseles medio y superior, por lo tanto se infiere que las especies *C. multiflorum*, *Cordia trichotoma*, *C. balansae* y *M. peruiferum* se distribuyen de manera uniforme con una leve tendencia hacia el estrato superior (Romano 2007) (Figura 1).

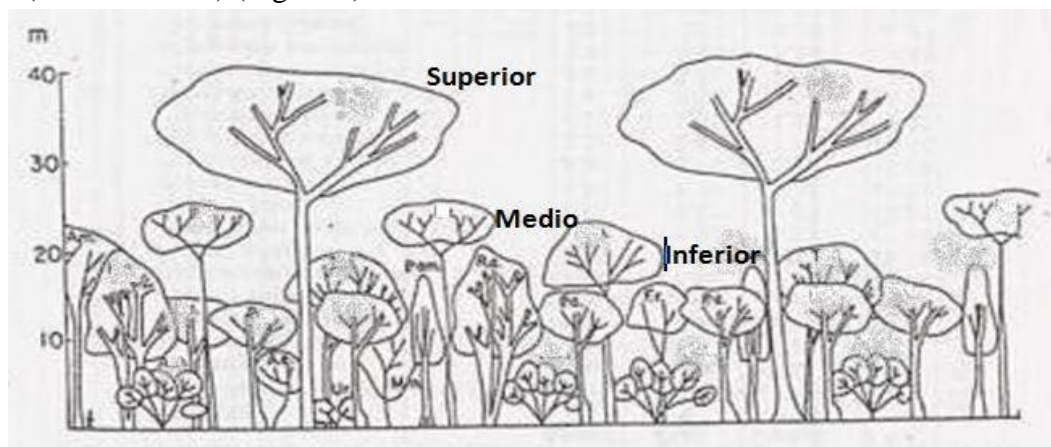


Figura 1. Perfil vertical de la Selva Pedemontana (Fuente: Brown et al. 1985)

Una condición general de la Selva Pedemontana es haber estado sujeta a una explotación forestal selectiva muy intensa y no planificada, que ha llevado, a que se encuentre estructuralmente empobrecidas y simplificada; con valores de área basal (m²/ha) inferiores a la mitad de sus valores potenciales. En grandes extensiones de Selva, los ejemplares con alto valor forestal han desaparecido prácticamente y solo se encuentran ejemplares jóvenes o decrepitos (Brown y Malizia 2004).

A.4.- Clima

El clima es subtropical con un régimen de lluvias monzónico, ocurriendo el 80 % de las precipitaciones durante el verano (Brown 1995), con una marcada estación seca y heladas en el invierno, con precipitaciones medias entre 700 mm a 1000 mm (Cabrera 1976). Las temperaturas medias mensuales son de 21 °C, con una evapotranspiración potencial de 900 mm y un déficit hídrico de 200 mm, que se distribuye desde mayo a diciembre (Buitrago 2002). Debido a esto, la Selva Pedemontana representa el piso altitudinal con mayor riesgo de incendio (Brown y Malizia 2004). Las montañas interceptan las masas húmedas provenientes del Atlántico produciéndose condensaciones y precipitaciones importantes en los meses del verano. Las isoyetas en el NOA reflejan una disminución de Este a Oeste en la llanura Chaqueña, alcanza valores de 500 a 600 mm, tomando un rápido incremento con las serranías subandinas en Jujuy y Salta, superando los 1000 mm de precipitación (Braun Wilke 2001). Los sistemas orográficos locales producen variaciones en las precipitaciones y los gradientes altitudinales modifican las temperaturas medias, máximas, mínimas y la frecuencia de heladas (SRNyDS 1998) (Cuadro 6).

Climáticamente la Selva pedemontana se puede diferenciar en dos zonas: la zona Norte, en donde se encuentran las parcelas ubicadas en la Localidad de Orán, con mayores precipitaciones, lo que permite la reposición de agua en el suelo en los meses de verano y la presencia de un pequeño exceso al finalizar el mismo (Braun Wilke 2001). Presenta un clima sub-húmedo húmedo mesotermal (templado) con una pequeña deficiencia de agua a un exceso de agua nulo y una eficiencia térmica en la época estival de 33 % (Romano 2007). La zona Sur, por otra parte, donde se ubican las parcelas de la Localidad de Libertador Gral. San Martín, tiene menores precipitaciones, los suelos no presentan excedente de agua en ninguna época del año (Braun Wilke 2001), y presentan un clima sub-húmedo seco mesotermal (templado) con un exceso de agua nulo y una eficiencia térmica en la época estival de 34 % (Romano 2007).

El balance hídrico de la región es negativo desde Mayo a Diciembre, ya que la evapotranspiración potencial supera a las precipitaciones. En algunas localidades se pueden presentar excesos de agua durante los primeros meses del año, debido a la concentración y los valores más altos de las precipitaciones entre los meses de diciembre a Marzo, y la posibilidad de reponer agua en el suelo. (Braun Wilke 2001; Romano 2007).

Cuadro 6. Comparación climática entre sitios (Bianchi y Yañez,1992; Bianchi,1996, Braun Wilke 2001 y Buitrago 2002).

Localidad	Altitud	Latitud	Long	Temperatura media mensual			Precipitación media mensual		
				anual	min	máx	anual	min	máx
L G. San Martin	457	23° 50'S	64° 47'O	20,5	13,6	26,1	700	254	1800
Fraile Pintado	464	23° 57'S	64° 46'O	20,5	14	25	785	202	1900
Orán	362	23° 18' S	64° 31' O	19,7	13,6	24,5	733	280	1224

A.5.- Relieve

La Selva Pedemontana de Yungas se encuentra entre el relieve montañoso de las Yungas y la llanura chaqueña, y se caracteriza por su relieve plano que alterna con llanuras suavemente onduladas (Brown et al. 2001). La sucesión de valles intermontanos y cerros de alturas variables, en un paisaje muy complejo, generan pendientes húmedas a barlovento

con exposición Sur y pendientes secas a sotavento con exposición Norte (Brown 1995). El material geológico superficial se caracteriza por depósitos del cuaternario, de compactación baja a moderada. El suelo es profundo y provisto de nutrientes (Braun Wilke 2000). Al ser una formación montañosa, la orografía determina la división en pisos de vegetación, que varían con la altitud, perdiendo el aspecto selvático de los pisos inferiores a medida que se asciende, y disminuyendo también la diversidad de especies arbóreas como consecuencia de las nieblas y el cambio de clima de los pisos superiores (Tortorelli 1956).

La Selva Pedemontana pertenece a la Provincia geológica de las Sierras Subandinas, las cuales corresponden a un conjunto de serranías subparalelas, de rumbo NS, de altura variable y características geológicas no muy uniformes, existentes en las Provincias de Salta y Jujuy. Esas elevaciones forman parte de una faja montañosa ubicada en el borde oriental de la Cordillera de los Andes, de más de 1500 Km de largo y casi 100 Km de ancho, que desde Tucumán se extiende hacia el N a través de Bolivia y Perú. Las Sierras Subandinas ocupan una posición intermedia entre la llanura Chaqueña y la Cordillera oriental, otras dos unidades geomorfológicas de gran magnitud, siendo sus límites con ambas transicionales. Consecuentemente con esa posición, los cordones orográficos pierden altura hacia el Este, hasta convertirse en simples lomadas aisladas, muy poco elevadas sobre la llanura circundante, como son las Lomas de Icuá, Campo Durán y Madrejones, de los Potrillos, Ipaguazú, y Cerro Colorado, entre otros.

En Salta y Jujuy se encuentran las sierras de Santa Victoria, Zenta, Calilegua, Chañi, del Obispo y León Muerto, en la Cordillera Oriental; y las de San Antonio, Tartagal, Las Pavas, Porongal, Tres Picachos, Santa María, La Mesada, Santa Bárbara, Zapla, Centinela, Maíz Gordo, Cresta del Gallo, Mojotoro, Castillejos, Lumbreras, Carahuasi, Peñas Blancas, Metán y Candelaria, en las Sierras Subandinas (ABNA 2005). Estos sistemas orográficos se hallan cortados por amplios valles transversales como los de los Ríos Bermejo, Lipeo, Porongal-Pescado, Iruya, Blanco (San Andrés, Naranjo, Redonda y Santa Cruz), Colorado, Piedras, Zora, San Lorenzo y Ledesma. Todos estos constituyen la Alta Cuenca del Río Bermejo.

A.6.- Suelo

Respecto a la estratigrafía en las Sierras Subandinas afloran rocas precámbricas a holocenas. Las sedimentitas cretácicas y terciarias, presentes en toda la zona, apoyan sobre terrenos cada vez más antiguos a medida que se avanza hacia el Sur, encontrándose sobre carbónico o triásico al Norte del río Bermejo, sobre siluro-devónico entre los ríos Bermejo y Juramento, y sobre precámbrico o eopaleozoico más al Sur (Mingramm y Russo 1972)

En los valles intermontanos, los suelos son de mayor desarrollo que en los niveles sobre elevados y en su mayoría son residuales. El resto corresponde a materiales transportados por agentes fluviales (ABNA 2005). Son suelos del tipo entisoles, inceptisoles, alfisoles, molisoles y arisoles distribuidos irregularmente en toda el área. Desde el punto de vista de su capacidad de uso, son suelos de buenas características físicas y químicas, buena profundidad efectiva y relieves normales (SEAGJ 1995). Se estima que la Selva Pedemontana ha sido transformada en área agrícola en un 70 por ciento de su extensión. Los sectores colinados en gran parte están afectados por procesos de erosión laminar, debido a la erosión hídrica y eólica potencial. Los pedemontes sufren el impacto

de los desequilibrios hidrológicos de la zona alta, provocando inundaciones y aluviones que destruyen sectores de Selva (ABNA 2005).

La transformación de los suelos en terrenos agrícolas, junto al sobrepastoreo generan procesos de erosión laminar. Los piedemontes sufren el impacto de los desequilibrios hidrológicos de la zona alta (Pastizales Altoandinos y de Neblina), que provocan inundaciones y aluviones a sectores poblados. En la Selva Montana, la construcción de vías de saca de los aprovechamientos forestales y el sobrepastoreo, afectan las laderas, produciendo erosión laminar y cárcavas en las sendas de tránsito de ganado (SAyDS 2005).

A.7.- Hidrografía

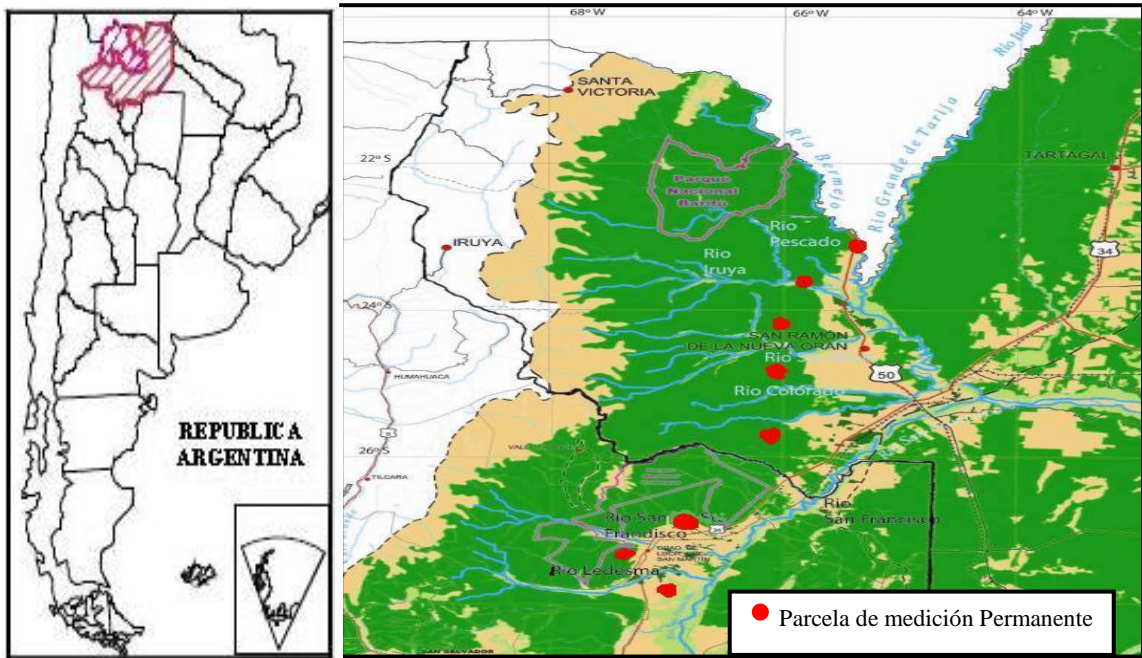
La mayoría de los ríos corren en sentido Oeste-Este en dirección transversal a las serranías, recorriendo las pendientes pronunciadas, siendo su caudal permanente aunque marcadamente estacional (MAB 2004). El agua que ingresa al sistema, proviene de las lluvias de las partes altas (a través de los ríos y arroyos), posibilitando el riego aún en la estación seca. El agua de las lluvias estivales es retenida por la cubierta vegetal y el suelo, quienes en conjunto se comportan como una esponja que drena lentamente su contenido. El otoño se caracteriza por las neblinas que cubren totalmente las serranías. La trama cerrada de la vegetación intercepta la neblina, haciéndola precipitar y aportando agua extra para la vegetación. Este fenómeno se denomina lluvia horizontal (SAyDS 2003). Esto es particularmente importante en estos sistemas con una distribución estacional de las precipitaciones, donde el 90 % de ellas cae durante 5 meses (época estival), y la neblina es el único aporte de agua durante 6 meses (Brown y Kappelle 2001).

Las cuencas de la región, particularmente en los sectores de Pastizales de Neblina, se encuentran totalmente desequilibradas desde el punto de vista hidrológico, situación que afecta a las laderas ocupadas por la Selva de Montaña y generan externalidades que afectan inclusive al Río de la Plata por la enorme cantidad de sedimentos que recibe (SAyDS 2003).

Las parcelas ubicadas en la zona climática Norte (Orán) se encuentran dentro de la subcuenca de los ríos Tarija – Bermejo (Nadir y Chafatinos 1990b), la cual forma parte de la Cuenca del Bermejo Superior (SRRHH 2004), también llamada Alta Cuenca del río Bermejo o Cuenca Activa (OEA 1974), que se halla situada en el extremo noroeste de Argentina y extremo sursudoeste de Bolivia. El río Bermejo nace en el cordón montañoso conocido como Sierra de Santa Victoria, en el Departamento de Tarija (Bolivia) a una decena de kilómetros al sudoeste de Chaguaya y en las proximidades de La Quiaca (Jujuy). El río Bermejo sigue dirección sureste y en su tramo más elevado su principal afluente es el río Lipeo que es su afluente por su margen derecha. El caudal del Bermejo se incrementa en la confluencia del río Grande de Tarija -que afluye por su margen izquierda- en el sitio llamado Juntas del Bermejo o Juntas de San Antonio. A partir de ese punto el río Bermejo es un río argentino, formando junto al río Tarija, la Subcuenca Tarija – Bermejo. Desde la Junta de San Antonio, el Bermejo corre con dirección noroeste - sudeste hasta la Junta de San Francisco, recibiendo todos los afluentes por su margen derecha. De éstos el más caudaloso es el río Pescado, que nace en las sierras de Santa Victoria a 4000 m y cuyo afluente principal, el río Iruya, se destaca por la importancia de su caudal sólido. Otros afluentes en esta margen son los ríos Blanco o Zenta y el Santa María – Colorado (OEA 1974).

Las parcelas ubicadas en la zona climática Sur (Libertador Gral. San Martín y Fraile Pintado) se encuentran dentro de la Sub-cuenca del río San Francisco Inferior y la Sub-Cuencas del río Los Pericos - Manantiales, perteneciente a la Alta cuenca del Río Bermejo. La subcuenca San Francisco está ubicada al Norte, entre los ríos de mayor importancia se destacan el río Grande que baja desde la Quebrada de Humahuaca y el Río Chico de Jujuy o Xibi Xibi que baja desde la Serranía precordillerana del Chañi, confluyendo ambos ríos en la ciudad de San Salvador de Jujuy donde toman un único gran cauce, formando el río Lavayén, junto al río Perico. El río Lavayén vierte sus aguas en el río San Francisco, afluente del río Bermejo y que con los anteriores, integran la Cuenca del Plata (SEAGJ 1995).

Mapa 2.- Ríos relevantes de la Selva Pedemontana



A.8.- Biodiversidad

La Selva Pedemontana constituye una franja altitudinal con un importante porcentaje de especies exclusivas (alrededor del 30% del total). La historia climática de la región y el aislamiento de los distintos sectores posiblemente han jugado un papel importante en determinar la composición biológica actual, lo que se refleja en el patrón geográfico de endemismos (Brown 1986). Si bien no existen listas exhaustivas de la diversidad específica, estimaciones preliminares indican que en estas habitan al menos 278 especies de plantas leñosas (árboles, arbustos y lianas). Solo de árboles encontramos 104 especies, de las cuales 40 (38%) son exclusivas del sector Norte de las Yungas argentinas (Provincias de Salta y Jujuy) (Brown y Malizia 2004). Ellos conforman un 'relicto biogeográfico', y tal condición incrementa su valor de conservación y aumenta la necesidad de considerar los efectos de las variaciones climáticas para lograr su persistencia al largo plazo (Brown y Malizia 2005). La concentración de endemismos de los bosques húmedos respondería a las posibilidades de migración latitudinal y a la existencia de áreas que se comportan como refugios al largo plazo (POT 2007). A juzgar por el número de especies

endémicas pertenecientes a distintos grupos taxonómicos y formas de vida (plantas epífitas y arbóreas, aves, anfibios, moluscos), la Alta Cuenca del Río Bermejo en Argentina y las áreas contiguas de Bolivia (Tariquía, Tarija) posiblemente se han comportado como un refugio de biodiversidad durante períodos climáticamente más secos durante el Pleistoceno, al igual que el sector desarrollado sobre las laderas húmedas de la sierra del Aconquija en Tucumán (Brown 1986).

Por este motivo, el área constituye un núcleo muy importante a conservar atendiendo su «estabilidad» a largo plazo, y sobre estas áreas debe volcarse una proporción importante del esfuerzo de conservación regional (Brown et al. 2002).

A.8.a.- Fauna

En las Yungas están representadas 120 especies de mamíferos y ocho de las diez especies de felinos neotropicales. Como mamíferos exclusivos de las Yungas cabe mencionar la ardilla (*Sciurus ignitus*), el agutí (*Dasyprocta punctata*), el cuis serrano (*Cavia tschudi*) y la taruca (*Hippocamelus antisensis*). Una de las especies más emblemáticas de la región es el yaguareté (*Pantera onca*) (Red Yaguareté 2005). Esta especie ha sido cazada por los pobladores locales por considerarla una amenaza para el ganado. Para su protección, en el año 2001 fue declarada Monumento Natural Nacional por la Ley N° 22.351 de Parques Nacionales, Monumentos Naturales y Reservas Nacionales (APN-SIB 2005). Suelen cazarse además para consumo, otras especies de mamíferos como el anta o tapir (*Tapirus terrestris*), el pecarí rosillo (*Tayassu tajacu*), el pecarí labiado (*Tayassu albirostris*), el agutí (*D. punctata*), la corzuela roja (*Mazama americana sarae*), la corzuela parda (*Mazama simplicornis*), la mulita (*Dasypus mazzai*) y la taruca. Para la venta de su piel, a los gatos del monte (*Oncifelis geoffroi* y *Felis yaguaroundi*) y los zorros (*Cerdocyon thous*, *Dusicyon gimnocercus* y *D. culpaeus*). El tapir es otra de las especies en estado vulnerable, aunque cabe mencionar que es abundante en el Parque Nacional Baritú (SAyDS 2005). También están el carpincho (*Hydrochaeris hydrochaeris*), la nutria (*Lontra Sp.*), el mayuato (*Procyon cancrivorus*) y el coipo (*Myocastor coipus*) entre los mamíferos. Entre las especies amenazadas se encuentra el caimán (*Caiman latirostris*) (POT 2007).

Se estima que hay más de 500 especies de aves en toda la región. Las más abundantes son las pavas del monte común y alisera (*Penelope obscura* y *P. dabbeni*), el loro alisero (*Amazona tucumana*) de gran importancia biológica por dispersar las semillas de aliso (*Alnus acumminata ssp. Acumminata*), el Surucúa o aurora (*Trogon curucui*), el burgo (*Momotus momota*), y el tucán (*Rhamphastos toco*). Muchas de las especies de aves se trasladan a través de los pisos altitudinales y a otras regiones forestales, como por ejemplo, al Parque Chaqueño (SAyDS 2005).

Algunos reptiles que forman parte de este ecosistema son lagartos del género *Tupinambis*, la boa arco iris (*Epricates sp.*), y varias especies de serpientes. Tres tipos de serpientes venenosas como la coral (*Micrurus pyrrhocryptus*), la yará de la cruz (*Bothrops alternatus*), y la de cascabel (*Crotalus durissu*) habitan la región. Muchos de los reptiles existentes se encuentran seriamente amenazados por la caza desmedida para la venta de sus cueros (SAyDS 2005).

B.- METODOLOGÍA

B.1.- Obtención de los datos de las variables dasométricas

Los datos utilizados en este estudio fueron obtenidos de 8 parcelas de medición permanente instaladas en el año 2003. En el año 2008 se realizó la remediación de las mismas. Tratándose de sitios permanentes de muestreo la precisión de los estimadores es alta. Alrededor del área de parcelas, los bordes tenían las mismas características de bosque, para evitar los efectos de borde. Para el análisis realizado en este trabajo, se tomaron aquellas parcelas que corresponden al distrito de Selva Pedemontana. Las parcelas miden 20 x 500 m, corregidas por pendiente para cubrir 1 ha (Condit 1998). Cada parcela de 1 ha, está subdividida en 25 subparcelas de 20 x 20 m, correspondiendo a 25 cuadrantes numerados de 1 a 25 en dirección Norte.

En cada parcela de 1 ha (10000 m²) se estableció una faja central de 4 m de ancho, donde se midió la regeneración natural, en una superficie de 2000 m² (Gentry 1995) (Figura 2).

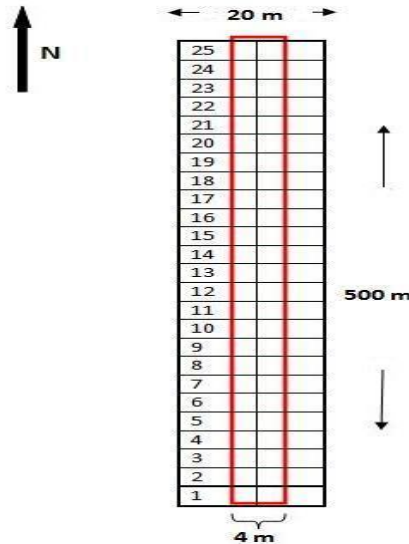


Figura 2. Parcela de medición permanente.

En cada parcela de 1ha, se identificaron todos los individuos de DAP (diámetro altura al pecho) iguales o mayores a 10 cm y a cada uno se le determinó:

- 1.- *Especie*: identificada por el nombre científico en campo y/o gabinete mediante el uso de bibliografía, adecuada para la Provincia fitogeográfica de Yungas (Biloni 1990; Digilio y Legname 1966; Dimitri et al. 2000).
- 2.- *Ubicación de los árboles*: determinada por la subparcela en donde se encuentra el individuo.
- 3.- *Diámetro a la altura del pecho* (DAP): medido a 1,3 m de altura por encima del suelo, medido con cinta dendrométrica. Las mediciones fueron registradas al milímetro.
- 4.- *Altura total* (Ht): del árbol, siendo la distancia desde el nivel del suelo hasta el ápice del árbol.

5.-*Altura de fuste* (Hf); tomada desde la base del tronco hasta el inicio de la copa. Altura total y la altura de fuste se midió mediante un dispositivo de medición (Hipsómetro Blume-Leiss), siempre teniendo en cuenta que la vegetación permitió lecturas directas. En los casos en que el follaje denso hizo imposible cubrir las mediciones directas, Ht y Hf fueron estimadas por la inspección visual, con referencia a una altura conocida, que se midió previamente. Las mediciones se registraron al metro.

6.-*Posición sociológica*: se usó la clasificación mas aplicada en el ámbito forestal apreciada de acuerdo a la posición de la copa (Oliver y Larson 1996).

.- Dominante (D): cuando la copa del árbol se extiende sobre el nivel de la canopia general y no tiene restricciones físicas hacia arriba.

.- Codominante (C): cuando la copa del árbol forma parte de la canopia forestal y está un poco apretada por la copa de otros árboles adyacentes.

.- Intermedio (I): cuando el árbol es más corto, pero su copa se extiende hasta la canopia del bosque, la cual está compuesta por la copa de los árboles dominantes y codominantes.

.- Oprimido (O): cuando la copa del árbol está por debajo del nivel de la canopia forestal y posee impedimento físico hacia arriba.

7.- *Vitalidad de la copa*: apreciada por la forma y espesura de la copa, color del follaje, sanidad general. Se clasificó en tres grados: 1 = muy buena, lozana, fuerte; 2 = normal; 3 = raquítica, insuficiente, con ramas muertas.

8.- *Tendencia de desarrollo*: apreciada por las posibilidades de evolucionar con respecto a los árboles vecinos. Se clasificó en, 1 = con posibilidades de sobresalir, ejemplares jóvenes, robustos, con espacio y que no han alcanzado la plenitud del desarrollo; 2 = permanecerá invariable por mucho tiempo, ejemplares que han alcanzado la plenitud de desarrollo; 3 = descendente, deteriorados por sobre madurez, enfermedad u opresión. También se incluyeron individuos pequeños y jóvenes, oprimidos y quebrados.

9.- *Observaciones*: se anotó cualquier otra característica sobresaliente.

10.- *Regeneración natural*: Los datos corresponden a la faja central ubicada dentro de las parcelas de 10000 m². Se consideraron como renovales todos los individuos descendientes de las plantas arbóreas de valor forestal entre 0,1 m de altura y 4,9 cm de DAP, clasificados según las siguientes categorías:

I = 0,3 m hasta 1,50 m de altura.

II = 1,50 m hasta 1,9 m de altura.

III = 1,9 m a 4,9 cm de DAP.

Los datos recolectados son los mismos que los de la estructura arbórea: especie, rumbo, DAP o DAC (diámetro al cuello) según corresponda, altura, vitalidad, tendencia al desarrollo, descriptos anteriormente.

Con los datos de regeneración obtenidos de las especies se evaluó, a partir de las posibilidades del establecimiento y posterior reclutamiento de la regeneración, cuales son las especies forestales de mayor capacidad de regeneración (Finegan y Guillén 1996).

En adelante las especies de valor forestal o maderables fueron *A. colubrina* var *cebil*, *A. urundeuva*, *C. multiflorum*, *C. balansae*, *C. trichotoma*, *M. peruiiferum*, *P. excelsa*, *P. rhamnoides* y *T. impetiginosa*. El resto de las especies se consideraron sin valor forestal o no maderables.

Las subparcelas en la que están divididas cada una de las parcelas, fueron empleadas en los análisis estadísticos como réplicas independientes. Cabe aclarar que esta situación posee limitaciones debido a procesos de correlación espacial entre ellas; que

pueden influir sobre procesos densodependientes, como por ejemplo, la influencia de la ocupación del sitio (m^2/ha) de las especies no maderables sobre el crecimiento y la distribución de las especies maderables. La estimación de la presencia de una correlación espacial, estadísticamente significativa, entre las subparcelas puede llevarse a cabo con el test de Mantel (Vormisto et al. 2000) o con un test multivariado de Coordenadas Principales de Matrices vecinas (Silva et al. 2010).

B.2.-Composición florística y estructura forestal.

B.2.a. Composición florística arbórea

La composición florística describe la organización de la comunidad en relación a las especies que componen la masa boscosa (Mainardi et al. 2005), teniendo en cuenta la presencia y abundancia de dichas especies (Finegan 1996). Además la composición del bosque depende de los factores ambientales como de la posición geográfica, clima, suelo y topografía, como por la dinámica y ecología de las especies (Louman 2001). Los estudios de composición florística y estructura de bosque, permiten realizar deducciones sobre el origen, características ecológicas, dinámica y posibles tendencias de desarrollo de una comunidad forestal (Danserau 1951; Lamprecht 1962).

Cada individuo se identificó a nivel de familia, género y especie. La identificación de las especies se realizó a partir de la colección de material a campo, su herborizado y determinación con la bibliografía existente (Digilio y Legname 1966, Legname 1969).

B.2.b.- Análisis ecológico- estructural del bosque

Los parámetros descriptivos de la Estructura Fitosociológica se obtuvieron del análisis de la estructura horizontal, vertical, de la regeneración natural y también de la distribución diamétrica de las principales especies arbóreas, de acuerdo con la metodología propuesta por Finol (1971), Braun-Blanquet (1979) y Lamprech (1990).

Para los análisis cuantitativos y ecológicos de los datos obtenidos en cada sitio, se analizó la estructura horizontal y vertical del estrato arbóreo mediante índices fitosociológicos (Matteucci y Colma 1982; Araujo 2005), como abundancia relativa, frecuencia relativa, dominancia relativa (Lamprecht 1990), índice valor de importancia de las especies (IVI) (Curtis y Macintosh 1951) e índice valor de importancia familiar (IVIF) (Mori y Boom 1983). Con los datos de posición sociológica de las especies y los datos de la regeneración natural se obtendrá el Índice valor de importancia ampliado (IVIA) (Braun Blanquet 1979). También se analizó la estructura horizontal del bosque a partir de la distribución de los árboles por clases diamétricas (Finegan y Guillén 1996) y del cálculo de medidas dasométricas como el área basal y el volumen aprovechable del bosque (Finegan y Guillén 1996).

B.2.b.1. Índices fitosociológicos

B.2.b.1.a. Abundancia

Se calculó la abundancia absoluta de acuerdo a la definición de Matteucci y Colma (1982), donde establece como abundancia al número de individuos de una especie en un

área determinada. La Abundancia relativa (AR) indica el porcentaje de participación de cada especie, referida al número de individuos totales encontrados por hectárea, multiplicado por 100. Se calculó la abundancia relativa, por ser uno de los parámetros de la fórmula del índice valor de importancia (IVI), de la siguiente manera (Uslar et al. 2003).

$$A_r = \frac{A_i}{\Sigma A} \times 100$$

Donde:

A_r : Abundancia relativa de la especie i.

A_i : Número de individuos de la especie i.

ΣA : Sumatoria de individuos de todas las especies.

Se realizó un Análisis de Varianza no paramétrico (Test de Kruskal-Wallis, $\alpha=0,05$) para evaluar la existencia de diferencias entre la abundancia absoluta de las 5 primeras especies más representadas (variable respuesta) entre los distintos sitios (tratamientos), usando a los 25 cuadrantes de cada parcela como réplicas.

B.2.b.1.b. Frecuencia

La frecuencia es un índice que revela la distribución espacial de las especies, es decir la dispersión media y su grado de homogeneidad.

Según Matteucci y Colma (1982), la frecuencia de un atributo es la probabilidad de encontrar dicho atributo en una unidad muestral particular. El cálculo se basa en el número de subdivisiones del área en que se presentan individuos de una especie, indicando de esta forma su dispersión dentro de la comunidad vegetal (Arroyo Padilla 1995; Bascope y Jorgensen 2005). Para calcular la frecuencia absoluta se registró la ocurrencia de cada especie en cada subparcela, ya que esta variable indica la existencia o falta de una especie determinada. La frecuencia absoluta se expresa en porcentaje (Lampretch 1990).

$$F_a = \frac{O_i}{\Sigma O} \times 100$$

Donde:

F_a : Frecuencia absoluta de la especie i.

O : Número de ocurrencia de la especie i.

ΣO : Número total de ocurrencias posibles.

Se adoptó el método de histograma de frecuencias de Lamprech (1990), tomando su clasificación de frecuencias absolutas, las cuales se observan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Clasificación de frecuencias.

Clases de frecuencia	
A	1 – 20 %
B	21 – 40 %
C	41 – 60 %
D	61 – 80 %
E	81 – 100 %

La clase A es la que agrupa a las especies menos frecuentes y E la clase donde se encuentran las especies más frecuentes, siendo C el nivel intermedio de este gradiente en cuanto a frecuencia absoluta.

La frecuencia relativa se calcula como el porcentaje de la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies que se considera igual al 100 % (Lamprecht 1990), calculándose de la siguiente manera:

$$F_r = \frac{Fa_i}{\Sigma Fa} \times 100$$

Donde:

F_r : Frecuencia relativa (%).

Fa_i : Frecuencia absoluta de la especie i.

ΣFa : Sumatoria total de las frecuencias absolutas.

Se realizó un Análisis de Varianza no paramétrico (Test de Kruskal-Wallis, $\alpha = 0,05$) para evaluar la existencia de diferencias entre la frecuencia absoluta de las 5 primeras especies de mayor presencia (variable respuesta) entre los distintos sitios (tratamientos), usando a los 25 cuadrantes de cada parcela como réplicas.

B.2.b.1.c. Dominancia

También llamada grado de cobertura de las especies, que expresa el espacio ocupado por ellas. Lamprecht (1990) la define como la sección determinada en la superficie de suelo por el haz de proyección horizontal del cuerpo de la planta, lo que equivale al análisis de la proyección horizontal de las copas. Sin embargo, en las Selvas subtropicales resulta difícil determinar dichos valores por la complejidad de sus estructuras, especialmente los distintos doseles dispuestos uno encima de otro y la entremezcla de las copas de unas con otras (Arroyo Padilla 1995; Bascope y Jorgensen 2005). Por tal motivo, se utilizó el área basal de los árboles en sustitución de la proyección de sus copas, de acuerdo a la propuesta de Matteucci y Colma (1982).

La dominancia relativa (Dr) es la participación en porcentaje que corresponde a cada especie del área basal total (Bascope y Jorgensen 2005). Se calculó también la dominancia relativa mediante la siguiente expresión (Lamprecht 1990; Uslar et al. 2003), por ser uno de los parámetros de la fórmula del índice IVI:

$$Dr = \frac{AB_i}{\Sigma AB} \times 100$$

Donde:

Dr : Dominancia relativa de la especie i.

AB_i : Sumatoria de las áreas basales de la especie i.

ΣAB : Sumatoria de áreas basales de todas las especies.

Se realizó un Análisis de Varianza no paramétrico (Test de Kruskal-Wallis, $\alpha = 0,05$) para evaluar la existencia de diferencias entre la dominancia absoluta de las 5 primeras

especies más dominantes en la hectárea (variable respuesta) entre los distintos sitios (tratamientos), usando a los 25 cuadrantes de cada parcela como réplicas.

B.2.b.1.d.- Índice de valor de importancia (IVI)

La consideración aislada de los índices anteriores no alcanza para caracterizar la estructura florística. Para tener una visión más completa de la estructura del rodal, se obtuvo un valor que señala la importancia de cada especie en el conjunto, sumándolos en una expresión denominada Índice de valor de importancia (IVI) (Curtis y Macintosh 1951; Matteucci y Colman 1982); también denominado por otros autores índice de importancia horizontal (Finol 1971; Araujo 2005). Este índice combina las abundancias, frecuencias y dominancias relativas de cada especie.

Aunque Lamprecht (1990) indica que los análisis de estos tres criterios permiten generar una idea sobre la estructura del bosque, este enfoque, a pesar de tener gran valor científico práctico, suministra informaciones parciales y en ocasiones hasta aisladas. Aún así cabe destacar que este índice muestra un significado ecológico mayor que cada uno de sus componentes y ha sido utilizado en el campo de la investigación con el fin de revelar la importancia ecológica relativa de cada especie en cada muestra y en el lugar de estudio (Matteucci y Colman 1982; Cantillo 2001). Al exhibir la importancia ecológica relativa de cada especie en el área muestreada, el índice interpreta las especies que están mejor adaptadas, ya sea porque son dominantes, muy abundantes o porque están mejor distribuidas (Arroyo Padilla 1995). Este índice se calculó de la siguiente manera:

$$IVI = A_r + F_r + D_r$$

Donde:

A_r : Abundancia relativa de la especie i .

F_r : Frecuencia relativa de la especie i .

D_r : Dominancia relativa de la especie i .

Para facilitar su interpretación, se calculó su valor relativo, refiriéndolo a porcentaje. De esta forma el máximo valor de IVI relativo queda establecido como 100% (equivalente a 300, valor máximo de IVI absoluto) (Bascope y Jorgensen 2005). El IVI relativo se calculó de la siguiente manera:

$$IVI_r = \frac{IVI_i}{\sum IVI_i} \times 100 \text{ o } IVI_r = IVI_i \times 0,33$$

Donde:

$IVIr$: IVI relativo de la especie i .

IVI_i : IVI absoluto de la especie i .

$\sum IVI$: Sumatoria del IVI de todas las especies.

Se categorizó a las especies en función de su IVI en 3 clases de importancia ecológica según la clasificación establecida en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Clases de importancia ecológica de las especies según su IVI..

Importancia Ecológica	Rango de IVI relativo
Muy Importante	> 15
Importante media	15>IVI>5
Baja importancia	< 5

B.2.c. Estructuras Totales

Danserau (1957) definió la estructura de la vegetación como la organización en el espacio de los individuos que forman una muestra y por extensión de los que forman un tipo de vegetación. La comunidad boscosa presenta una serie de características cuantitativas constantes a las cuales Rollet (1980) denominó organización. Esta organización se ve reflejada a través de la estructura del bosque, la cual tiene que ver con los tamaños, ubicación relativa y tipos de formas de vida (Wadsworth 2000), mientras que la estructura del estrato arbóreo de ecosistemas forestales, se refiere al ordenamiento espacial y temporal de los elementos que lo constituyen (Aguirre Calderón et al. 2003). De acuerdo a Finegan (1996 cit. Rosa 2002) la estructura de un bosque en un momento dado esta dada por los tamaños (tal vez las edades) y las distribuciones en el espacio de los árboles y sus componentes (copas, tallos, follaje, etc.). Las estructuras totales se pueden dividir en estructura horizontal y vertical (Louman 2001; Mainardi et al. 2005).

B.2.c.1. Estructura vertical

El análisis de la estructura vertical se realizó para tener una descripción sobre el estado sucesional y el piso que naturalmente ocupan las especies en la masa. De este análisis surge una aproximación sobre cuáles son las especies más promisorias para conformar la estructura forestal en términos dinámicos. El plano vertical se dividió en subestratos o pisos, caracterizándose la distribución por un índice denominado Posición Sociológica (PS) (Finol 1971; Hosokawa 1987), el cual está relacionado con la posición que ocupa la copa en el perfil arbóreo (Louman 2001). El subestrato es una porción de la masa contenida dentro de determinados límites de altura, fijados subjetivamente. Generalmente se distinguen tres: superior, medio e inferior. Siguiendo la metodología propuesta por Finol (1976), se asignó un valor fitosociológico a cada subestrato, el cual se obtuvo por el cociente entre el número de individuos en el subestrato y el número total de individuos de todas las especies:

$$VF_i = \frac{n_i}{N}$$

Donde:

VF: Valor Fitosociológico del subestrato.

n : Número de individuos del subestrato.

N: Número total de individuos de todas las especies.

i : Subestrato inferior (i), medio (m) o superior (s).

Para calcular el valor absoluto de la Posición Sociológica de cada especie, se sumaron los valores fitosociológicos de cada subestrato. Esos valores se obtuvieron por el

producto del VF del estrato considerado y el N° de individuos de la especie en ese mismo estrato:

$$PS = VF_i n_i + VF_m m + VF_s n_s$$

Donde:

PS: Posición sociológica.

VF: Valor fitosociológico del sustrato.

n : Número de individuos de cada especie.

i: Inferior.

m: Medio.

s : Superior.

La posición sociológica relativa (PS_r) de cada especie se expresó como porcentaje sobre la sumatoria total de los valores absolutos:

$$PS_r = \frac{PS_a}{\sum PS_a} \times 100$$

Si bien la decisión de los límites de los sustratos es arbitraria y debido a que las parcelas estaban situadas entre los 300 a 700 msnm, la mayoría de la 8 parcelas se iniciaban en la altura inferior y finalizaban a una altura superior, en ellas existe una fuerte influencia de la topografía del lugar, expresada principalmente en elevaciones y depresiones, a través de las cuales los árboles se distribuyen irregularmente. Esto causa que la altura total del individuo no sea un factor determinante del estrato en el cual se encuentra la copa, pues puede ocurrir que un individuo de menor altura pero sobre una elevación, la posición de su copa sea dominante, y un individuo de mayor altura en una depresión su copa ocupe un estrato codominante.

Por ello, el perfil vertical del rodal se estratificó en tres partes, Estrato Superior (ES) integrado por los individuos clasificados con una posición de copa Dominante y Codominante, el Estrato Medio (EM) integrado por los individuos con posición de copa Intermedia, y el Estrato Inferior (EI) integrado por los individuos con posición de copa Oprimida.

B.2.c.2. Análisis de la regeneración natural

El análisis de la regeneración natural también se hizo en términos de abundancia y frecuencia, para describir la distribución espacial de los renovales. Para la distribución vertical se definieron categorías de acuerdo con el rango de alturas de los individuos muestreados (ver *Obtención de los datos de las variables dasométricas*). También se evaluó la condición de la regeneración natural de cada especie en términos relativos.

La *Abundancia y Frecuencia* se calcularon de la misma forma que para el estrato arbóreo.

Las *categorías de tamaño* se determinaron en forma similar a la Posición Sociológica. Es decir, se le atribuyó un valor fitosociológico a cada clase de altura, el cual se usó a su vez para obtener este índice.

La *regeneración natural relativa* (RN_r) para cada especie se obtuvo por la media aritmética de los valores anteriores, según la siguiente expresión (Finol 1971):

$$RN_r = \frac{(A_r RN + F_r RN + CTr RN)}{3}$$

Donde:

RN_r: Regeneración natural relativa en %.
ArRN: Abundancia relativa de la regeneración natural.
FrRN: Frecuencia relativa de la regeneración natural.
CTrRN: Categoría de tamaño relativa de la regeneración natural.

B.2.c.3. Índice de valor de importancia ampliado (IVIA)

Combinando los análisis efectuados para la estructura horizontal y vertical, se calculó un índice que reúne los parámetros descriptivos de la estructura horizontal y vertical, denominado Índice valor de importancia ampliado (Finol 1971). De esta manera la importancia fitosociológica de cada especie se describió en forma más completa:

$$IVIA = A_r + D_r + PS_r \text{ o } IVIA = IVI_r + PS_r$$

Donde:

IVIr: Índice valor de importancia relativo.
PSr: Posición sociológica relativa.

Para la especies de valor forestal se agregara el índice de regeneración natural relativa. Un análisis estructural más completo se obtuvo combinando los correspondientes a la estructura horizontal, estructura vertical y de la regeneración natural, mediante la sumatoria del índice de valor importancia (IVI), más el correspondiente a la Posición Sociológica (PS) y a la regeneración natural relativa (RN_r).

$$IVH = IVI_r + PS_r + RN_r$$

Donde:

IVIr: Índice valor de importancia relativo.
PSr: Posición sociológica relativa.
RN_r: Regeneración natural relativa.

B.2.c.4. Índice valor de importancia familiar (IVIF)

Si calculamos valores absolutos y relativos de abundancia, frecuencia, dominancia, considerando las familias botánicas presentes en las parcelas de medición permanente (PMP), de su suma se obtiene el índice valor de importancia familiar (IVIF) (Mori y Boom 1983).

B.2.d. Estructura horizontal

La estructura horizontal se refiere a la ocupación superficial de los árboles sobre el suelo. Puede evaluarse en términos de diámetro, área basal, cobertura y volumen (Corvalán y Hernández 2006; Manrique 2001) y define a las estructuras totales en un plano horizontal como aquellas que están dadas por las distribuciones matemáticas de las variables cuantitativas medidas en este plano. Para la caracterización de la estructura horizontal se consideró la distribución diamétrica de las especies, el área basal y volumen maderable.

B.2.d.1. Distribución de clases diamétricas

Se consideró a los sitios de estudio como bosques de edad no uniforme por ser bosques naturales sin intervención antrópica. La distribución diamétrica se graficó en un plano de ejes cartesianos, representándose las clases de DAP en las abscisas y el número de individuos por hectárea (ind./ha) correspondiente a cada clase de DAP en las ordenadas.

Previo al análisis de las distribuciones diamétricas de cada especie arbórea, se determinó la amplitud de clase a ser usada. La determinación de las clases de DAP se realizó mediante la ley de Sturges (Rangel y Velázquez 1997), de la siguiente manera:

$$C = \frac{(X_{max} - X_{min})}{m} \quad m = 1 + (3,3 \log n)$$

Donde:

n : Número total de individuos

C : Amplitud del intervalo

X : DAP

Se realizó la distribución de clases diamétricas del conjunto de las especies y de las de mayor valor forestal.

B.2.d.2.- Área basal

Por definición, el área basal es el área correspondiente a una sección transversal del fuste a 1,30 m del suelo y a nivel de rodal es la sumatoria de estas secciones en una hectárea (Prodan et al. 1997). Para cada árbol fue calculada a partir de su DAP de la siguiente manera:

$$AB = \pi \times \left(\frac{DAP}{2} \right)^2$$

B.2.d.3.- Volumen de fuste

La forma en que se distribuye el volumen de fuste en las diferentes categorías diamétricas, para cada una de las especies principales, se analizó mediante la estimación del volumen de fuste por especie. Para el cálculo del volumen de fuste, se considera la altura de fuste, la cual es tomada desde la base del tronco hasta el inicio de la copa fuste; para el cálculo del volumen se aplicaron ecuaciones de volumen específicas para determinadas

especies o por grupos de especies. Las mismas se recopilieron de las siguientes fuentes: para las regiones Selva Tucumano Boliviana fueron utilizadas las fórmulas desarrolladas por el inventario NOA II (Yrjö Svola 1975). En este ítem solo se considerarán las especies de mayor valor forestal.

B.2.e. Comparación entre Sitios

B.2.e.1. Diferencias de Composición

Se realizó un Análisis de Varianza no paramétrico (Test de Kruskal-Wallis, $\alpha=0,05$) para evaluar la existencia de diferencias entre el número de individuos existentes (variable respuesta) entre los distintos sitios (tratamientos), usando a los 25 cuadrantes de cada parcela (sitio) como réplicas.

B.2.e.2. Diferencias Estructurales

Para determinar diferencias estructurales entre las parcelas se calculó el área basal correspondiente a los individuos existentes en los 25 cuadrantes en las que están subdivididas cada parcela. Se realizó un Análisis de Varianza no paramétrico (Test de Kruskal-Wallis, $\alpha=0,05$) para evaluar la diferencia entre el área basal (m^2/ha) (variable respuesta) entre los distintos sitios (tratamientos), usando a los 25 cuadrantes de cada parcela (sitio) como réplicas.

Para describir la distribución de las especies de mayor valor forestal en las parcelas, se realizó un análisis multivariado de componentes principales. Se utilizó una matriz de correlación con 7 variables (7 especies de valor forestal) por 200 casos, que corresponden a 25 sub parcelas para los 8 sitios (Abra grande, Aibal, etc). Como covariable se trabajó con la suma del área basal (m^2/ha) por especie maderable para cada subparcela

B.3. Crecimiento

B.3.a.- Crecimiento diamétrico

A partir de los datos de DAP obtenidos en 2003 y 2008 en las 8 parcelas permanentes de medición (Araujo 2005), se obtuvieron los incrementos diamétricos en el período de 5 años para cada individuo medido. Con estos datos se realizó un análisis de normalidad (Test Shapiro Willks). Posteriormente se evaluó con un Análisis de Varianza no paramétrico (Test de Kruskal-Wallis, $\alpha=0,05$), la existencia de diferencias en el incremento diamétrico (variable respuesta) entre las especies maderables y no maderables en función del tamaño del árbol (clase diamétrica) (tratamientos) y la incidencia lumínica (posición sociológica) (tratamientos). El análisis anterior se realizó solamente entre las especies de valor forestal y también considerando la tolerancia de las especies de valor forestal, heliófilas (*A. colubrina* var. *cebíl*, *A. urundeuva*, *C. balansae*, *P. excelsa* y *T. impetiginosa*) y umbrófilas (*C. multiflorum*, *M. peruiferum* y *P. rhamnoides*).

Se realizó test de Kruskal Wallis ($\alpha=0,05$) entre los incrementos medios anuales de las especies de valor forestal para determinar un ranking de crecimiento (C) de las especies de valor forestal.

B.3.b.-Modelado del Crecimiento diamétrico

Para determinar el crecimiento diamétrico de las especies componentes de la masa forestal, la variable DAP fue medida en dos oportunidades en inventarios realizados con una periodicidad de 5 años. El incremento periódico anual es el incremento promedio anual en diámetro del individuo y de una clase diamétrica sobre un período determinado.

Debido a la alta variabilidad de los crecimientos individuales, los valores se agruparon por categoría diamétrica (Smithers 1949; Weaver 1979), para calcular el crecimiento con la siguiente fórmula:

$$IMA_i = \left[\sum_1^K \frac{D_{i,j+1} - D_{i,j}}{K} \right] / P$$

Donde:

IMA_i : Crecimiento medio anual por árbol en la clase i .

D_i : Diámetro del individuo de la clase i a 1,30 m.

J : Ocasión de la medición del diámetro.

P : Período de tiempo entre las mediciones-

K : N° de individuos de la clase.

Obtenidos los datos de crecimiento diamétrico de las especies de mayor valor forestal se ajustó un modelo mediante una función no lineal, con el fin de predecir los incrementos medios anuales (IMA) (variable respuesta) utilizando como variables predictoras la posición sociológica de los individuos (PS), el área basal (m^2/ha) de los individuos (AB), el área basal (m^2/ha) de las especies no maderables correspondiente a cada cuadrante (GNM) y un ranking de crecimiento de las especies de mayor valor forestal (C).

B.3.c. Curva de crecimiento por especie

La metodología desarrollada en este punto es la propuesta por Lieberman y Lieberman (1985). Con el grupo de datos de incrementos anuales se generó una matriz de transición $n \times 2$, donde D_{ij} es el DAP del árbol i en el año j , $j=1$ (2003) o 2 (2008); para cada una de las especies de valor forestal. La matriz de transición opera sobre un árbol modelo, con sucesivos tamaños proyectados de incrementos específicos obtenidos de los datos relevados. Cada manipulación crea una trayectoria de crecimiento del árbol modelo. La simulación del crecimiento genera una serie de trayectorias, produciendo numerosos valores de DAP para cada edad o clase diamétrica (10 cm). En la simulación del tránsito por las distintas clases diamétricas, el árbol modelo emplea cantidades variables de tiempo en cada clase diamétrica fija; el procedimiento así produce numerosos valores de DAP (edad), para cada tamaño de clase diamétrica.

Cuando un gran número de curvas de crecimiento (> 500) son simuladas, se obtiene estimaciones de rangos, predicción de intervalos, medias y medianas, que fielmente refleja la variación en la tasa de crecimiento según los datos brutos.

Las sentencia en el modelo son intervalos de clase diamétrica 10 cm, período de crecimiento empleado 5 años (correspondientes a la remediación), intervalos de confianza del 2,5 y 97,5 % ($\alpha=0,05$).

Para la obtención de las curvas de crecimiento se empleó el programa estadístico Project R (R Development Core Team 2007). En este ítem solo se considerarán las especies de mayor valor forestal ya mencionadas en materiales.

A partir de las curvas de crecimiento obtenidas se estimó el tiempo que emplea cada especie en lograr su diámetro mínimo de corta (DMC) el cual esta especificado en la **Resol 81 SGA/2009**-Provincia de Jujuy.

B.4. Dinámica poblacional

Se trabajó con las incorporaciones, mortalidad y movimientos de los individuos, entre las distintas clases diamétricas, en el período de tiempo entre la primera medición (2003) y la remediación (2008) de los individuos (Osmaton 1956; Odgen 1981).

B.4.a. Incorporaciones

Con los datos obtenidos de regeneración, se determinó la masa (n° de individuos) que se incorpora a la clase diamétrica inferior (Ingresos) y la que egresa (Mortalidad) en el período considerado entre cada remediación (5 años). A partir del análisis de anillos de crecimiento se ajustaron ecuaciones logísticas para estimar el tiempo que demanda el ingreso a la primer clase diamétrica (10 cm) de la regeneración de la especies de valor forestal de rápido y lento crecimiento. Este estudio se realizó sobre las especies que marcan anillos de crecimiento como *C. balansae* (cedro orán), *A. colubrina* (cebíl colorado) y *A. urundeuva* (urundel) (Tortorelli 1956).

Para estimar la mortalidad que probablemente ocurrirá entre los individuos que se incorporan a la primera clase diamétrica, se definió un índice de condición de los ingresos (CI), cuyo valor indica la probabilidad de que el individuo muera durante el período, o se retrase su crecimiento, por un deficiente estado sanitario o por un impedimento en su desarrollo vertical (Araujo 2005). Para determinar este valor, el referido índice es el resultado de la suma de los valores de vitalidad, tendencia de desarrollo y estado sanitario, cuya expresión es:

$$CI = Vi + TD + ES$$

Donde:

CI: Condición de los ingresos.

Vi: Vitalidad.

TD: Tendencia de desarrollo.

ES: Estado sanitario.

En el inventario de la regeneración natural, las variables que entran en el CI son variables de grado que pueden tener el valor 1 (mejor condición), 2 (condición media), 3 (mala). Cuando $CI = 9$, indica que el individuo se encuentra en la condición más desfavorable y se asume que probablemente morirá durante el período. En consecuencia todos los pies con $CI = 9$ o próximo a 9, tienen la probabilidad de morir durante el período.

A partir de la sumatoria de los individuos señalados como probables de morir, se determinó el porcentaje anual de mortalidad de la masa incorporada que se espera para el período considerado.

$$TAM(\%) = \frac{N_{im}}{N_i \times n} \times 100$$

Donde:

TAM: Tanto anual de mortalidad probable de masa incorporada.

Nim: N° de individuos con CI = 9 o próximo a 9.

Nc: N° de individuos de la clase diamétrica.

n: Años del período.

Deducida la mortalidad de las incorporaciones a la primera clase diamétrica se estimó el porcentaje anual de promoción de ingresos (TAI), definidos por la siguiente expresión:

$$TAI(\%) = \frac{N_i}{N_i \times n} \times 100$$

Donde:

TAI: Tanto anual de ingresos en la primera clase.

N_i : N° de individuos que ingresan en la clase con CI < 9.

N_c : N° de individuos de la primera clase diamétrica.

n: Años del período.

B.4.b. Mortalidad del estrato arbóreo

La mortalidad se determinó a partir de un índice en función de la especie, la posición sociológica y de la clase diamétrica a la que pertenece, con el cual se obtendrá la tasa de mortalidad anual por especie o por grupo de especies de valor forestal o sin valor forestal (Araujo 2005).

La estimación de la mortalidad probable para el estrato arbóreo se definió mediante un índice de condición de los árboles (CA), que sirvió para determinar cuáles son los individuos que probablemente morirán durante el período de crecimiento. Cuando el valor de CA del individuo es mayor que nueve ($CA > 9$), se considera como probable de morir en el período. La expresión de este índice es:

$$CA = PS + TD + VC$$

Donde:

CA: Condición del individuo arbóreo.

PS: Posición sociológica.

TD: Tendencia desarrollo.

VC: Vitalidad de la copa.

Se trata de un índice determinado a partir de variables de grado que pueden asumir el valor 1, 2 o 3, siendo el mayor valor numérico la expresión del peor estado, o condición, en la variable considerada. Por lo tanto un individuo que se clasifique con PS = 3, E= 3 y

CD = 3, es candidato a morir durante el período. Sucesivas remediciones en las parcelas permanentes permitirán una estimación más aproximada.

El cálculo del índice permitió expresar la mortalidad en porcentaje anual, calculado por la expresión:

$$TAM (\%) = \frac{N_{am}}{N_c * n} \times 100$$

Donde:

TAM: Tanto anual de árboles muertos en la clase diamétrica.

N_{am}: N° de individuos que morirán en la clase (CA ≥ 9);

N_c: N° de individuos de la clase diamétrica;

n: Años del período.

A partir del cálculo del incremento periódico por clase diamétrica y la probabilidad de mortalidad de los individuos en cada clase se estimó el tiempo y proporción de individuos de una clase que avancen a la siguiente clase diamétrica (Tasa de tránsito) y los que se mantienen en la misma clase diamétrica (Tasa de permanencia).

B.5. Variación espacial de la estructura forestal

En cada subparcela en la que se subdivide la parcela permanente de 1 ha, se calculó el área basal total (m²/ha-GT), siendo la suma del área basal de las especies maderables y no maderables, y la posición sociológica (PS) discriminada por diferentes especies y tamaños de árboles. Ambas son las variables indicadoras del grado de ocupación de cada especie que permiten inferir la disponibilidad de los recursos e intensidad de la competencia. El cálculo del área basal para esas diferentes categorías (ya sea por tipo de especie o por tamaño) podrá relacionarse con las tasas de crecimiento, mortalidad y reclutamiento (ingresos) registradas en cada subparcela mediante regresiones lineales y/o regresiones logísticas (Caldato et al. 2000). El área basal total se clasificó en clases de área basal con intervalo de 10 m²/ha dando una medida de la ocupación del sitio.

Se generó un modelo regresión múltiple para observar la influencia de la variación de la competencia, representada esta por la ocupación del sitio (m²/ha) (GT) y la posición sociológica de los individuos (PS) (variables predictoras) sobre el incremento diametral de las especies de valor forestal (variable respuesta)

Se agregaron variables predictoras de carácter cualitativo binarias (dummy), para mejorar el ajuste del modelo de regresión obtenido, las cuales discriminaron las especies de valor forestal de acuerdo a un gradiente de crecimiento. Se consideró esta clasificación para el ajuste del modelo y las variables dummy se denominaron *CR* (especies crecimiento rápido), *CI* (especies de crecimiento intermedio) y *CL* (especies de crecimiento lento). Estas variables son de fácil empleo, pues determinado a qué grupo de crecimiento pertenece la especie a estimar su IMA, en la ecuación, cuyo valor es 1 para el tipo de crecimiento y 0 (cero) para los tipos de crecimiento restantes.

Se ajustaron ecuaciones lineales que relacionen la tasas mortalidad (variable respuesta) e incorporación de los individuos /variable respuesta) con el aumento de la ocupación del sitio (m^2/ha) (variable dependiente).

B.6. Modificaciones sobre turno de corta

Para simular modificaciones en el turno de corta de las especies de valor forestal a distintos niveles de competencia, se realizaron modelos para estimar la respuesta en crecimiento diametral a distintos niveles de competencia de especies maderables y no maderables, teniendo en cuenta los distintos DAP y área basal (m^2/ha) de los individuos que se encuentran en un cuadrante. Utilizando modelos lineales mixtos (Faraway 2006) se evaluó el efecto de la competencia sobre el incremento (variable respuesta) y sus variaciones entre los sitios (parcelas). La competencia se midió como el número (densidad) o área basal de los árboles presentes en cada cuadrante de $25 \times 25 \text{ m}$ (replicas) en los que están divididas las parcelas, sin incluir el árbol analizado. El número o área basal puede calcularse para los árboles maderables y no maderables por separado y así discriminar su efecto. Los modelos incluyeron como variables explicativas además de la competencia (GT), el diámetro (DAP) y la especie, que se tomaron como efectos fijos, y el sitio (parcelas) se incluyó como efecto aleatorio. Se analizó la inclusión de modelos de error correspondientes a procesos con autocorrelación espacial (Faraway 2006).

Los modelos se obtuvieron analizando una base de datos que contiene la siguientes variables: SITIO / CUADRANTE / Árbol / Especie / DAP / Incremento / Densidad Maderables / Densidad no maderable /, con esta planilla se obtuvo un modelo que definió el crecimiento diamétrico óptimo que se puede alcanzar con un manejo de la densidad y se estimó como el manejo de la densidad de las especies influyó en la disminución en el turno de corta (Tiempo que le demanda a un individuos llegar al diámetro mínimo de corta) de las especies de valor forestal.

Con el modelo obtenido se realizaron curvas para los sitios (efecto aleatorio) donde se registró el mayor y menor crecimiento diametral de las especies maderables, donde las variables a considerar son el incremento diametral de las especies maderables según su posición sociológica, a distintos niveles de ocupación del sitio por parte de las especies no maderables (m^2/ha).

Se realizó un Análisis de la Varianza (ANAVA) y un test de comparación de medias (Tuckey, $\alpha = 0,05$) para evaluar la diferencia entre el turno de corta (variable respuesta) obtenido al reducir la ocupación del sitio (variable dependiente) entre los datos obtenidos para el total de las parcelas (Tratamiento), para la parcela donde se registran los mayores incrementos diametrales (tratamiento) y para la parcela con los menores incremento (tratamiento).

Se utilizó un análisis de regresión lineal para relacionar el área basal (m^2/ha)(variable respuesta) que le corresponde a distintas cantidades de individuos de las especies no maderables (variable dependiente).

B.7. Proyección de la estructura forestal.

Con los datos obtenidos en los apartados *Composición arbórea* y *Estructura forestal*, *Crecimiento de las especies* y *Dinámica forestal* se realizó la proyección del crecimiento, el cual resulta del efecto que tiene cada componente que determina su

evolución en la masa boscosa (estructura, crecimiento, ingresos y mortalidad) sobre la distribución diamétrica, área basal y el volumen maderable de las especies de interés.

La proyección de la evolución del rodal se realizó a partir de la distribución diamétrica inicial obtenida del inventario del año 2003. El período para el que se considera válido aplicar las ecuaciones que estiman los crecimientos es de 25 años. Para lograr la proyección de la evolución del rodal desde el año 2003 al año 2028, se utilizó el programa de simulación propuesto por Araujo (2005), en el cual, el cálculo de la evolución de los rodales se realiza a partir de la Ley De Liocourt, que permite establecer un modelo exponencial de distribución diamétrica del tipo:

$$N_i = N_{max}(1 + a)^{(D_{max}-D_i)/d} \quad (1)$$

Donde:

N_i = N° de pies de la clase i.

D_i = Diámetro medio de la clase i.

N_{max} = N° de pies de la clase de diámetro máximo.

D_{max} = Diámetro medio de la clase de diámetro máximo.

d = Intervalo de clases diamétricas.

Con los datos del primer inventario (2003) y la ecuación (1) se obtuvo el valor del cociente De Liocourt (q), el cual se aplicó en adelante en la evolución del rodal.

Esta ecuación lineal se la transforma en un modelo exponencial que puede formularse con la expresión $N_i = k.e^{-q * D_i}$ donde k y q son constantes, siendo $q = 1/d * \ln(1+a)$ (Meyer 1961). Esta ley es una función exponencial ($y = k e^{-ax}$) puede transformarse en una función lineal aplicando logaritmos, con la forma:

$$\ln y = \ln k - a * \ln e ,$$

Que puede expresarse como:

$$Z = \beta_0 + \beta_1 X_i.$$

Esta función lineal permite establecer relaciones entre el área basal (G), el diámetro máximo (D) y el cociente de De Liocourt (q), que posibilitan calcular el coeficiente β_1 para un valor de q elegido y de β_0 para una determinada área basal.

Para determinar el número de árboles por hectárea y por clase diamétrica, el silvicultor debe elegir esos parámetros de manera que sus valores sean compatibles con los observados en la estructura del monte a ser manejado. La densidad remanente, generalmente expresada en área basal (G), se fija para las clases diamétricas inferiores y medias para favorecer el crecimiento de los árboles de mayores diámetros. El diámetro máximo (D) que se quiere mantener en la masa arbórea dependerá de los objetivos del manejo y del tipo de productos a extraer.

La elección de determinados valores para esos parámetros fija la posición de la curva. El diámetro máximo marca el límite sobre el eje de las abscisas. El área basal residual determina la posición de la curva entre los ejes y la pendiente queda definida por el

cociente q . Tanto q y G son variables dependientes que según el valor que se les asignen van a estimar la cantidad individuos por clase diamétrica (variable respuesta). Una vez establecidas las variables G , q y D , las mismas pueden relacionarse con la frecuencia por clase de diámetro calculando los coeficientes del modelo lineal representativo de la distribución. A partir de los resultados, que se obtienen de las expresiones de β_0 y β_1 , es posible construir la distribución de frecuencias que se desea mantener en el futuro.

La modelación del *crecimiento* se predice con un modelo de clases diamétricas (Daniels y Burkhardt, 1988). Los modelos de clases diamétricas se usan para proyectar la distribución de los diámetros. Constituyen el método clásico para estimar el crecimiento y producción futuros, utilizando el crecimiento en diámetro y otra información referida a los individuos arbóreos. Para la aplicación del método debe definirse previamente los datos de crecimiento que se usarán y en que forma se aplicarán. En este caso se *aplicó el crecimiento medio en diámetro considerando una distribución uniforme de los individuos dentro de la clase diamétrica*.

Se puede asumir que los pies que componen la masa se encuentran distribuidos en clases diamétricas, y que una fracción de esos árboles se mueve hacia las clases más altas, en tanto que otra fracción permanece en la misma clase. Esa fracción o tanto de promoción se puede expresar como un "factor de movimiento", que depende del crecimiento en diámetro y de la amplitud de clase que se ha elegido. Silva (1989) se refiere a este método afirmando que la fracción de árboles que se mueve anualmente a lo largo de todo el intervalo de clases, debido al crecimiento diametral, puede ser estimada por un Índice de Crecimiento (IC), calculado por la siguiente fórmula:

$$IC = I_d \times P / a$$

Donde:

IC = Índice de crecimiento.

I_d = Crecimiento periódico medio anual en diámetro de la clase.

P = Número de años del período considerado (5 años).

a = Amplitud de la clase de diámetro (10 cm).

El Índice de Crecimiento se calcula para cada clase diamétrica con aproximación de un dígito para facilitar su interpretación. Conceptualmente tiene el mismo significado que el tanto anual de tránsito de individuos a la clase diamétrica superior.

Para el cálculo del IC se emplearon los datos obtenidos en el apartado *Crecimiento de la especie* y de los modelos de simulación derivados de las curvas de crecimiento (Lieberman y Lieberman 1985),

Conociendo las existencias medias anuales en número de individuos por clase diamétrica y el Índice de Crecimiento, es posible calcular el número de años necesarios para que todos los pies de una clase pasen a la siguiente, o el número de pies que en un año pasarán por más de una clase, y de esta manera proyectar la distribución diamétrica. Este método conduce a los mismos resultados que el aplicado por Mackay (1961) cuando determina el porcentaje anual de promoción a partir de la información de inventarios sucesivos. Araujo propone el cálculo del *tiempo de tránsito*, dividiendo las existencias anuales por el número de pies que pasan anualmente:

$$N_a = E_a * TAP$$

$$Tt(i) = E_a / N_a$$

Donde:

N_a = Número de árboles que pasan anualmente.

TAP = Tanto anual de promoción.

$Tt(i)$ = Tiempo de tránsito para la clase i.

E_a = Existencias anuales.

Debido a que en la formula no se emplean las tasas de mortalidad, en esta instancia se aplicó las tasas de tránsito (Odgen 1981; Lieberman y Lieberman 1985) obtenidas en el apartado *Dinámica poblacional de las especies*.

Con idéntico cálculo para todas las clases diamétricas, se obtiene como resultado una escala de tiempos de tránsito correlativa de una escala de diámetros. Finalmente, se pueden relacionar las clases de diámetro con los respectivos tiempos de tránsito, ajustando una ecuación de regresión que permite estimar valores medios de tiempos de paso.

Como otra variante de este método, se pueden aplicar técnicas de análisis de regresión y seleccionar un modelo que permita estimar valores de crecimiento en diámetro para estimar también el tiempo de paso (Araujo, 1993).

Básicamente el método consiste en:

- Agrupar los pies en clases de diámetro;
- Calcular el crecimiento medio anual por clase diamétrica;
- Ajustar la relación entre crecimiento diamétrico y la clase de diámetro representada por su valor central;
- Aplicación de la ecuación de regresión para estimar crecimientos y edades relativas por clase de diámetro;
- Cálculo del tiempo de tránsito entre clases diamétricas por diferencia de edades relativas.

Se empleó el software propuesto por Araujo (2005) que requiere de la siguiente información para su funcionamiento, y es la que se establece en el Cuadro 9. El Programa se denomina MO.SI.MA.FO (Modelo de Simulación Forestal) (Trejo 2003).

Cuadro 9.- Requisitos, entradas y salidas solicitadas al sistema MOSIMAFO (Araujo 2005).

Requisitos	Entrada	Proceso	Salida
Informe de Distribución diamétrica	- N° /clase actual - Masa incorporada - Crecimientos - Mortalidad - Tratamientos	Calcular ecuaciones según	Tabla de N° de individuos por clase diamétrica
Informe gráfico de distribución diamétrica	- N° de Individuos por clase diamétrica	Generar informe gráfico	Histograma de distribución diamétrica
Informe gráfico de área basimétrica	- Marcas de clase - N° Individuos por clase diamétrica - Fórmula de sumatoria de secciones normales	Generar informe gráfico	Gráfico de distribución del área basimétrica
Informe gráfico de volumen	- Marcas de clase - N° de Individuos por clase diamétrica	Generar informe gráfico	Gráfico de distribución del volumen

Requisitos	Entrada	Proceso	Salida
	- Ecuación de volumen		
Informe posibilidad de corta	- Distribución diamétrica observada - Distribución diamétrica objetivo (ideal)	Diferencia entre N° de individuos observados y estimados para la distribución ideal. Calcular volumen de la diferencia.	Tabla de producción por clase diamétrica
Tratamientos Silvícolas on-line. (Cortas de mejora y de regeneración)	- N° de individuos cortados por clase diamétrica (%)	Reducir N° de individuos por clase según intensidad de corta. Generar nuevo resultado	Nueva tabla de distribución diamétrica
Modificar Valores de Parámetros	- Nuevos valores de parámetros	Calcular parámetros y generar nuevo resultado	Nueva distribución diamétrica

Con el software se proyectó la evolución del rodal durante 25 años, considerando la abundancia de especies, el área basal y el volumen aprovechable; en dos situaciones estructurales: la primera se simula un tratamiento silvicultural de *liberación* de los individuos a través de un tratamiento de raleo de todos los individuos oprimidos en todas las clases diamétricas mientras que la segunda situación estructural consiste en un *aprovechamiento* según diámetro mínimo de los individuos de valor forestal.

C.- RESULTADOS

C.1. Composición florística y estructura forestal

C.1.a. Composición florística arbórea

En el relevamiento de la vegetación arbórea de las 8 parcelas se registraron 4111 individuos con DAP igual o mayor a 10 cm, de los cuales 326 individuos yacían muertos. Se encontraron en promedio (\pm la desviación estándar) 475 ± 78 ind./ha, con un área basal promedio (\pm la desviación estándar) de $24,76 \pm 3,54$ m²/ha y una riqueza específica de 39 ± 8 especies/ha. Los individuos corresponden a 79 especies pertenecientes a 33 familias, de las cuales las más diversas fueron Fabaceae con 14 especies, seguida por Euforbiáceas, Sapindáceas y Anacardiáceas, con 4 especies cada una, mientras que las restantes presentaron un menor número de especies. De las especies encontradas, solo 15 especies presentan un alto valor forestal o maderable (ver apéndice), lo que corresponde aproximadamente al 7,5 % de los individuos relevados en cada parcela.

En el Cuadro 10 se presentan los valores calculados de abundancia, frecuencia, dominancia, e índice de valor de importancia de las especies de mayor importancia forestal y ecológica encontradas en las parcelas.

Cuadro 10. Parámetros florístico-estructurales de las especies de mayor importancia forestal y ecológica.

Especies (nombre científico)	Abundancia (árboles totales/ha)		Frecuencia (Ocurencias)		Dominancia (Área Basal)		IVI	
	Abs.	Relat.**	Abs.	Relat.**	Abs.	Relat.**	Abs.*	Relat.**
<i>A. colubrina var cebil</i>	68	14,12	0,74	8,07	6,97	20,04	42,23	14,08
<i>P. rhamnoides</i>	53	10,95	0,62	6,76	4,39	12,62	30,33	10,11
<i>A. urundeuva</i>	27	5,58	0,48	5,18	4,11	11,82	22,58	7,53
<i>C. multiflorum</i>	25	5,16	0,39	4,26	3,76	10,81	20,23	6,74
<i>P. excelsa</i>	29	5,92	0,47	5,13	1,56	4,50	15,54	5,18
<i>T. hieronymi</i>	34	7,06	0,43	4,69	0,55	1,59	13,33	4,44
<i>R. apetala</i>	20	4,20	0,42	4,58	0,66	1,90	10,69	3,56
<i>T. imptiginosa</i>	13	2,62	0,32	3,49	1,35	3,89	10,00	3,33
<i>C. insignis</i>	9	1,84	0,25	2,67	1,79	5,13	9,65	3,22
<i>M. pungens</i>	21	4,26	0,30	3,22	0,36	1,04	8,52	2,84
<i>U. caracasana</i>	19	3,84	0,30	3,22	0,46	1,32	8,38	2,79
<i>T. tipu</i>	5	1,09	0,11	1,20	1,35	3,88	6,17	2,06
<i>S. laciolutum</i>	11	2,18	0,24	2,56	0,41	1,17	5,91	1,97
<i>O. puberula</i>	10	2,02	0,18	1,91	0,37	1,06	4,99	1,66
<i>U. baccifera</i>	9	1,89	0,25	2,73	0,12	0,34	4,96	1,65
<i>C. balansae</i>	5	1,06	0,16	1,75	0,67	1,93	4,74	1,58
<i>M. periferum</i>	6	1,19	0,18	1,96	0,52	1,51	4,66	1,55
<i>S. haenkeana</i>	5	1,01	0,10	1,09	0,82	2,37	4,47	1,49
<i>P. tubulosus</i>	5	1,04	0,18	1,91	0,45	1,30	4,25	1,32
<i>G. amorphoides</i>	4	0,78	0,13	1,42	0,15	0,43	2,63	0,88
<i>N. pichurim</i>	5	1,12	0,09	0,93	0,19	0,53	2,58	0,86
<i>C. trichotoma</i>	3	0,70	0,10	1,09	0,16	0,46	2,25	0,75
<i>C. paraguayensis</i>	1	0,23	0,04	0,44	0,26	0,74	1,41	0,47
<i>J. mimosifolia</i>	1	0,29	0,05	0,49	0,16	0,47	1,25	0,42
<i>Ch. tinctoria</i>	2	0,36	0,06	0,60	0,08	0,22	1,18	0,39
<i>A. cearensis</i>	1	0,18	0,04	0,38	0,06	0,17	0,73	0,24
<i>M. stipitata</i>	1	0,26	0,03	0,33	0,02	0,04	0,63	0,21

Área Basal: en m²/ha, IVI: índice de valor de importancia, Abs: valores absolutos, Relat.: valores relativos, * sin unidad, ** valores proporcionales en función del parámetro que representan

De acuerdo a los datos obtenidos del índice valor de importancia relativo (IVIr), la dominancia y peso ecológico de las especies muy valiosas y valiosas es aproximadamente del 47 % del total por ha (100%). La especie muy valiosa más representativa es *C. balansae* y la especie valiosa más representativa es *A. colubrina var cebil* (Figura 3).

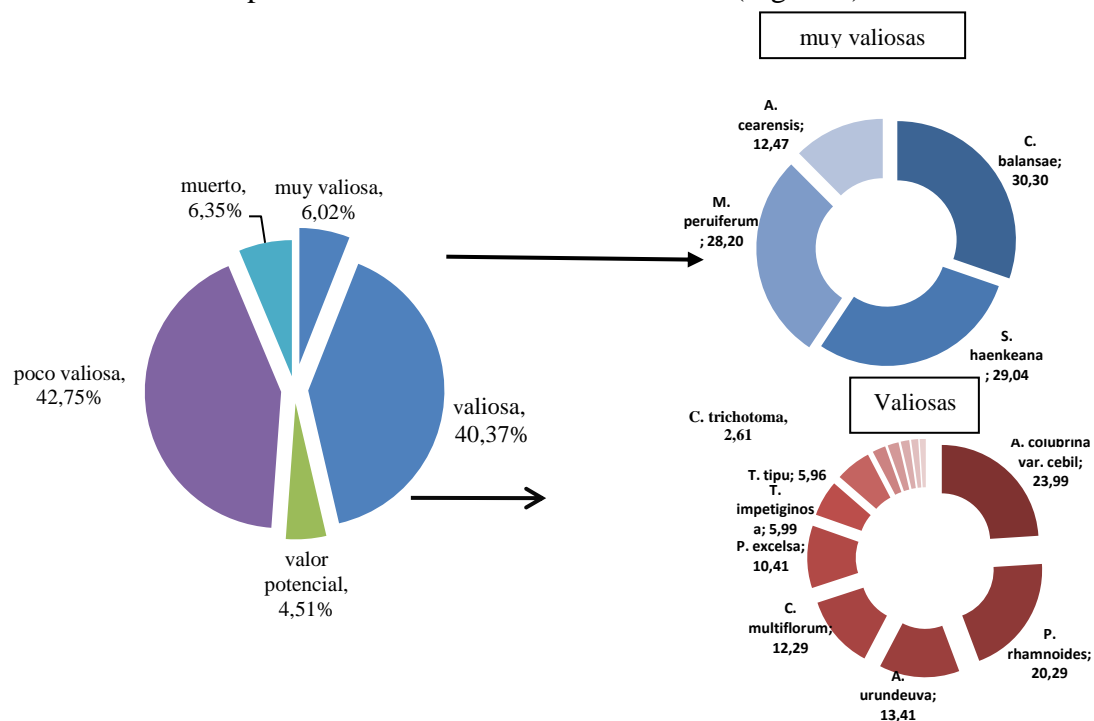


Figura 3. Agrupamiento del índice valor importancia relativo (IVIr) de acuerdo a aptitud comercial de las especies.

C.1.b. Abundancia

Al agrupar las especies que representan el 50% de la abundancia del sitio, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la abundancia de las especies (Cuadro 11). Hay dos especies que se destacan del resto por la mayor cantidad de ind./ha, ellas son *A. colubrina var cebil* y *P. rhamnoides*.

Cuadro 11. Comparación entre especies según abundancia (ind./ha).

Especies	Medias
<i>A. colubrina var cebil</i>	22,44±7,40 a
<i>P. rhamnoides</i>	17,44±7,45 a
<i>T. hieronymi</i>	12,16±7,37 b
<i>P. excelsa</i>	9,64±5,77 bc
<i>C. multiflorum</i>	8,84±4,22 bc
<i>A. urundeuva</i>	8,08±4,95 c
H	60,59
p	<0,0001

Prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). **Medias:** valor de media aritmética \pm la desviación estándar de los ind./ha. **H:** estadístico calculado, **p:** grado de significación estadística ($p < 0,05$), letras distintas indica diferencias estadísticamente significativas.

Se puede apreciar en la Figura 4, que dos especies forestalmente valiosas, *A. colubrina var cebil* y *P. rhamnoides*, definen la estructura del rodal en función de su abundancia por la marcada diferencia con el resto de las especies, aportando en conjunto aproximadamente el 24 % del total de individuos registrados por ha. . Considerando las especies de alto valor forestal, la de menor abundancia fue *A. cearensis*. Las especies que siguen en importancia por su abundancia son *T. hieronymi*, *P. excelsa*, *C. multiflorum*, *A. urundeuva* y *U. caracasana*. De estas la mayoría poseen poco a ningún valor maderero a excepción de las especies valiosas *C. multiflorum* y *A. urundeuva*. En conjunto estas 5 especies representan el 29 % de la abundancia total. Un dato a considerar es la elevada cantidad de individuos muertos por hectárea, aproximadamente 41 ind./ha, lo que representa un 8,83 % del total. Son 6 las especies que presentan una abundancia menor al 1 % es decir con menos de 5 ind./ha; de este grupo *S. haenkeana*, *C. trichotoma*, *Ch. tinctoria*, *J. mimosifolia* y *C. paraguayensis* son especies valiosas, mientras que *A. cearensis* es comercialmente muy valiosa. Las especies de valor forestal se encuentran dentro de las 27 primeras especies de acuerdo a su abundancia relativa. La especie de alto valor económico que posee el mayor porcentaje es *M. peruiferum* con el 3% y de las especies valiosas es *A. colubrina var cebil* con el 14 %, lo que representa 14 y 65 ind./ha respectivamente.

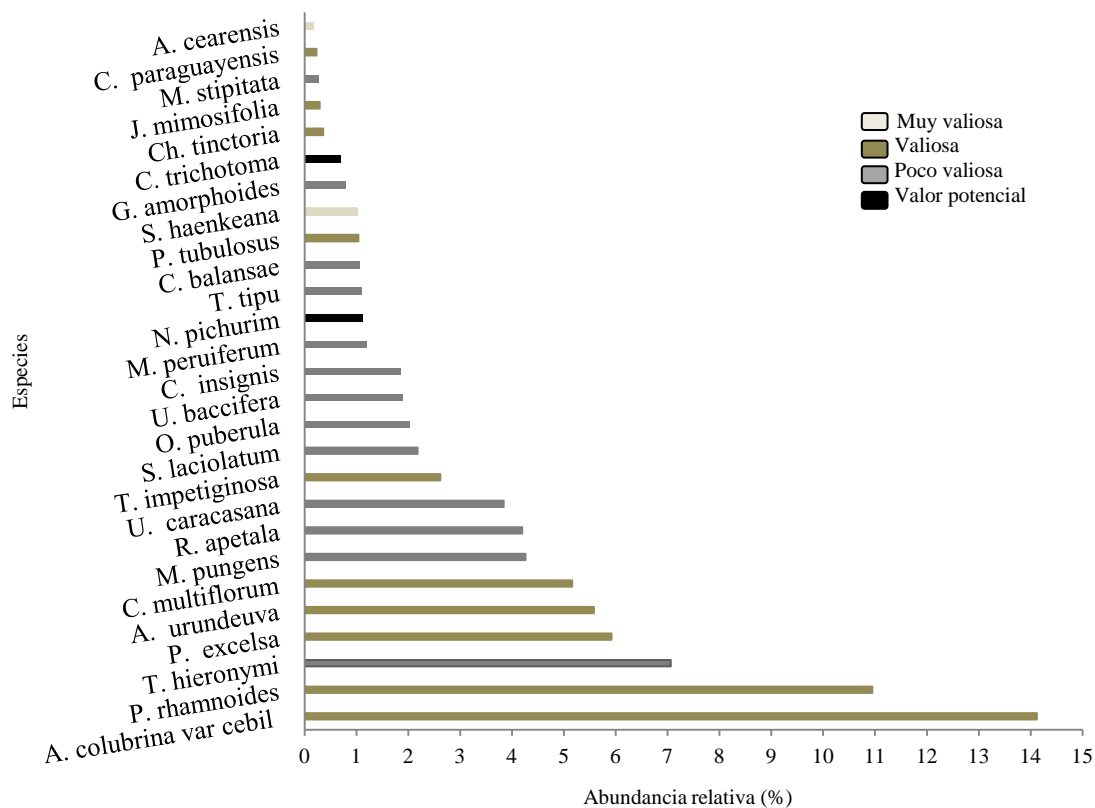


Figura 4. Abundancia relativa de las especies.

Se registraron asimismo 34 especies raras con menos de 1 ind./ha, las cuales solamente *A. cearensis* es la que posee valor forestal (ver apéndice).

C.1.c. Frecuencia

Se encontraron diferencias significativas entre las especies en función de su frecuencia absoluta, como se observa en la Figura 5. Los valores de frecuencias absolutas y relativas de cada especie se encuentran en el Cuadro 10.

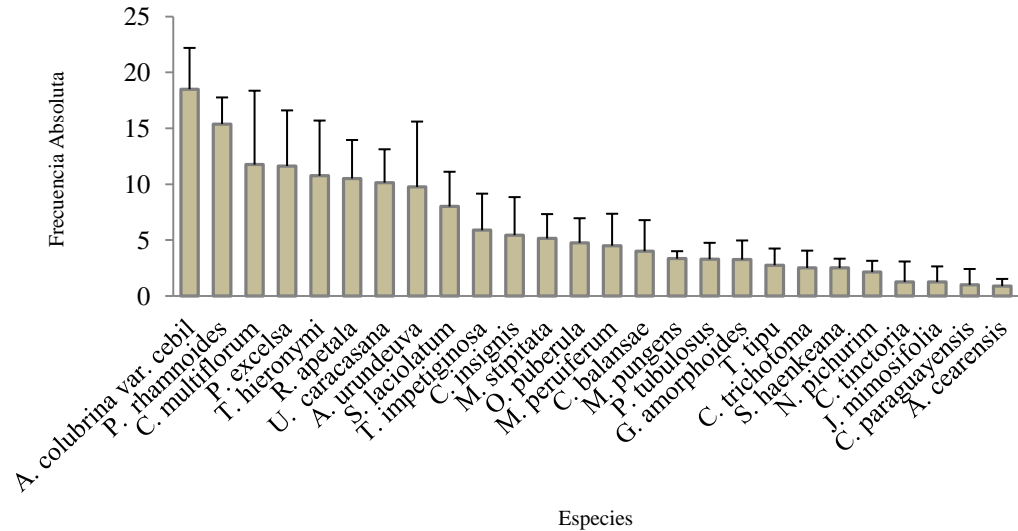


Figura 5. Frecuencia absoluta de las especies. Cada barra representa el promedio \pm la desviación estándar de la frecuencia absoluta de cada especie.

Al considerar las especies más abundantes, y un análisis de su presencia y ausencia, se puede observar diferencias en su distribución, siendo *A. colubrina var. cebil* y *P. rhamnoides* las de mejor distribución o más frecuente en el muestreo. *C. multiflorum*, *P. excelsa*, *T. hieronymi* y *R. apetala* no poseen diferencias significativas en su distribución (Cuadro 12).

Cuadro 12. Comparación entre especies según su frecuencia absoluta.

Especie	Medias
<i>A. colubrina var. cebil</i>	0,77 \pm 0,42 a
<i>P. rhamnoides</i>	0,63 \pm 0,49 b
<i>C. multiflorum</i>	0,50 \pm 0,50 c
<i>P. excelsa</i>	0,47 \pm 0,50 c
<i>T. hieronymi</i>	0,46 \pm 0,50 c
<i>R. apetala</i>	0,43 \pm 0,50 c
H	51,52
p	<0,0001

Prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). **Medias:** valor de media aritmética \pm la desviación estándar de la frecuencia absoluta de los ind./ha. **H:** estadístico calculado, **p:** grado de significación estadística ($p < 0,05$), letras distintas indica diferencias estadísticamente significativas.

En la Figura 6 se representan las clases de frecuencia establecidas en función de la frecuencia absoluta. En la misma se puede observar que la mayoría de las especies presenta una frecuencia baja, ya que las clases A (1 a 20 %) y B (21 a 40 %) representan prácticamente el 90 % de las especies. Solamente 2 especies, *A. colubrina var. cebil* y *P. rhamnoides* se destacan como las mas homogéneamente distribuidas en las parcelas,

conformando la clase D (61 a 80 %). Estas 2 especies son consideradas valiosas en cuanto al aprovechamiento forestal (Minetti, 2006). Las especies muy valiosas se concentran en la clase A, y en la clase B predominan las especies valiosas. La clase A, es la que concentra mayor número de especies que las otras clases, donde predominan las especies de poco valor forestal. También en la clase C, se destacan dos especies de valor *C. multiflorum* y *P. excelsa*.

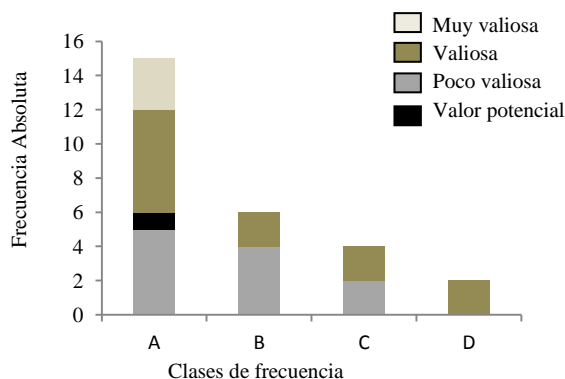


Figura 6. Clases de frecuencia de las especies. **A** (1 a 20 %), **B** (21 a 40 %), **C** (41 a 60 %) y **D** (61 a 80 %)

C.1.d. Dominancia

Existen diferencias estadísticamente significativas entre las especies en el sitio, encontrándose grupos de dominancias similares entre las especies (Figura 7).

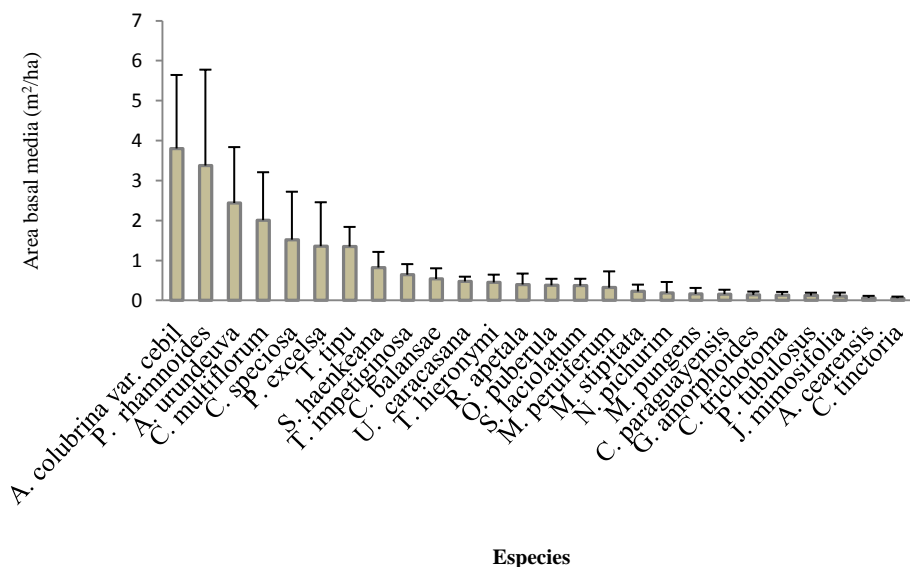


Figura 7. Dominancia (m²/ha) de las especies. Cada barra representa el promedio \pm desvío estándar de la dominancia total de cada especie.

Los valores de dominancia absoluta y relativa de las especies se presentan en el Cuadro 10. Del total de especies, la mayoría presenta un valor de dominancia relativa menor al 5 %, y solo seis especies presentan valores mayores a 5 % de dominancia relativa (Figura 8); todas son de alto valor comercial, a excepción de *C. insignis*. Entre estas se

destacan *A. colubrina var cebil*, *P. rhamnoides*, *A. urundeuva* y *C. multiflorum* con valores de área basal que varían entre 2,41 y 3,82 m²/ha, siguiéndole en importancia de dominancia y valor forestal *P. excelsa* con valores de área basal de 1,36 m²/ha. *Anadenanthera colubrina var cebil* posee diferencias en la dominancia absoluta con respecto a las otras cinco especies de mayor dominancia (Cuadro 13).

Cuadro 13. Comparación entre especies según su dominancia absoluta (m²/ha).

Especie	Medias
<i>A. colubrina var cebil</i>	3,82±1,84 a
<i>P. rhamnoides</i>	3,38±2,52 ab
<i>A. urundeuva</i>	2,43±1,57ab
<i>C. multiflorum</i>	2,41±1,21 ab
<i>C. speciosa</i>	1,54 ±1,38 b
<i>P. excelsa</i>	1,36±1,17 b
H	11,32
p	0,0453

Prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). **Medias:** valor de media aritmética \pm la desviación estándar de los ind./ha. **H:** estadístico calculado, **p:** grado de significación estadística ($p < 0,05$), letras distintas indica diferencias estadísticamente significativas.

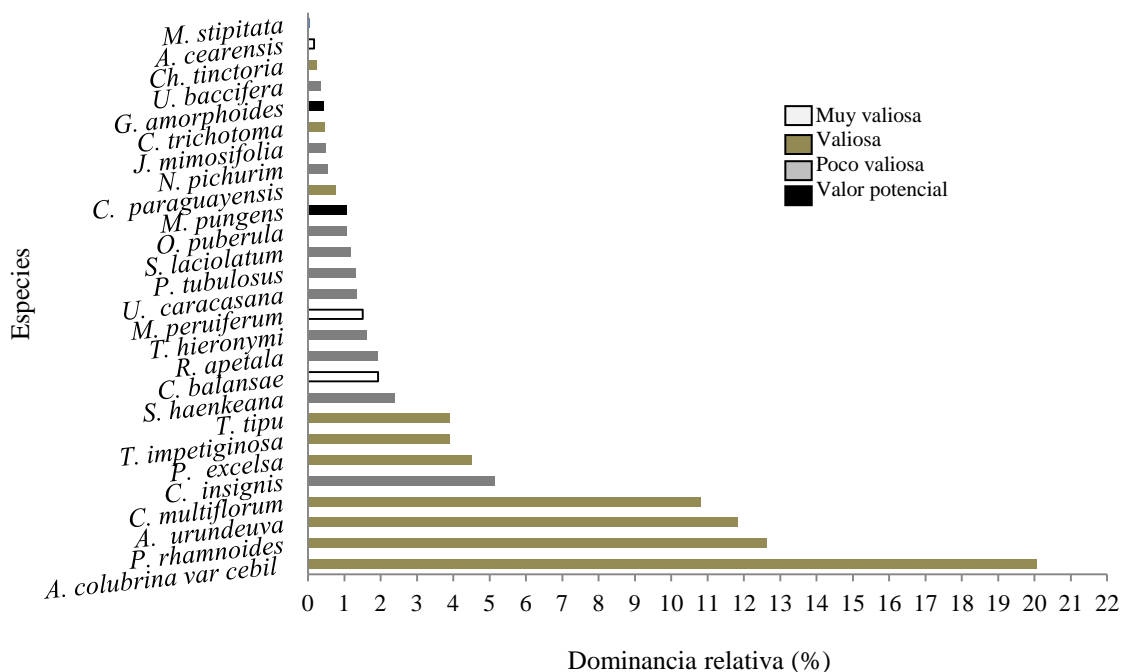


Figura 8. Dominancia relativa de especies.

Si consideramos la dominancia relativa de la especies, se puede observar que existe una ocupación 60 % por ha, correspondiente a especies de valor forestal muy valiosa y valiosas (Cuadro 10).

C.1.e. Índice Valor de Importancia – IVI

La importancia ecológica de las diferentes especies está expresada mediante el Índice de valor de importancia (IVI). Para facilitar la interpretación de la contribución parcial de cada parámetro (abundancia, frecuencia y dominancia) al valor total del IVI de cada especie, se elaboró el Cuadro 14, donde se expresan los valores de los aportes parciales de cada parámetro como porcentaje del valor total de IVI de cada especie.

Cuadro 14. Aporte parcial de cada parámetro al IVI total de cada especie.

Especies	Abundancia	Frecuencia	Dominancia	IVI	
	Relat.*	Relat.*	Relat.*	Abs.	Relat.**
<i>A. colubrina var cebil</i>	14,12	8,07	20,04	42,23	14,08
<i>P. rhamnoides</i>	10,95	6,76	12,62	30,33	10,11
<i>A. urundeuva</i>	5,58	5,18	11,82	22,58	7,53
<i>C. multiflorum</i>	5,16	4,26	10,81	20,23	6,74
<i>P. excelsa</i>	5,92	5,13	4,50	15,54	5,18
<i>T. hieronymi</i>	7,06	4,69	1,59	13,33	4,44
<i>R. apetala</i>	4,20	4,58	1,90	10,69	3,56
<i>T. impetiginosa</i>	2,62	3,49	3,89	10,00	3,33
<i>C. insignis</i>	1,84	2,67	5,13	9,65	3,22
<i>M. pungens</i>	4,26	3,22	1,04	8,52	2,84
<i>U. caracasana</i>	3,84	3,22	1,32	8,38	2,79
<i>T. tipu</i>	1,09	1,20	3,88	6,17	2,06
<i>S. laciolatum</i>	2,18	2,56	1,17	5,91	1,97
<i>O. puberula</i>	2,02	1,91	1,06	4,99	1,66
<i>U. baccifera</i>	1,89	2,73	0,34	4,96	1,65
<i>C. balansae</i>	1,06	1,75	1,93	4,74	1,58
<i>M. peruiiferum</i>	1,19	1,96	1,51	4,66	1,55
<i>S. haenkeana</i>	1,01	1,09	2,37	4,47	1,49
<i>P. tubulosus</i>	1,04	1,91	1,30	4,25	1,32
<i>G. amorphoides</i>	0,78	1,42	0,43	2,63	0,88
<i>N. pichurim</i>	1,12	0,93	0,53	2,58	0,86
<i>C. trichotoma</i>	0,70	1,09	0,46	2,25	0,75
<i>C. paraguayensis</i>	0,23	0,44	0,74	1,41	0,47
<i>J. mimosifolia</i>	0,29	0,49	0,47	1,25	0,42
<i>Ch. tinctoria</i>	0,36	0,60	0,22	1,18	0,39
<i>A. cearensis</i>	0,18	0,38	0,17	0,73	0,24
<i>M. stipitata</i>	0,26	0,33	0,04	0,63	0,21

* valores relativos, aporte porcentual del parámetro que representan al valor total de IVI de cada especie, considerando como 100% al valor absoluto de IVI; **valor relativo de IVI, considerando como 100% a la suma de valores de IVI de todas las especies (300).

De acuerdo a su IVI se clasifican, en especies Muy Importantes, como *A. colubrina var cebil*, *P. rhamnoides*, *A. urundeuva*, *C. multiflorum* y *P. excelsa*; todas especies valiosas de acuerdo a su valor forestal. En ellas, los parámetros de mayor representatividad son abundancia y dominancia sobre la frecuencia, en el aporte al IVI total. El grupo de especies de baja importancia se encuentra constituido por todas las otras especies, donde se encuentran las especies forestalmente muy valiosas, como *M. peruiiferum*, *C. balansae* y *A. cearensis*, presentando valores de aporte diferenciales entre los parámetros que conforman su IVI. En *M. peruiiferum* teniendo en la primer especie una mayor representatividad la abundancia y la dominancia en detrimento de la frecuencia, lo cual indica que es una especie no bien distribuida, con pocos individuos por ha, de gran

tamaño o cobertura. En el caso de *C. balansae* tienen similar representatividad los tres parámetros, siendo una especie poco abundante, mejor distribuidas y de individuos de mediano a gran dominancia. Por último *A. cearensis*, posee al igual que la especie anterior igual representatividad, pero siendo menos abundante, menos distribuida y de individuos de gran dominancia.

C.1.2. Estructuras Totales

C.1.2.a. Estructura vertical

C.1.2.a.1. Posición sociológica

De todos los individuos inventariados, la mayoría (aproximadamente el 48 %), se encuentra en el Estrato Intermedio, el 28 % en el Estrato Inferior y en la menor proporción, con un 24% en el Estrato Superior. Según los porcentajes obtenidos se le asignó un valor a cada estrato ponderado por el número de individuos que lo integran (Cuadro 15).

Cuadro 15. Valor fitosociológico (VF) de cada estrato.

	Estrato Inferior	Estrato Medio	Estrato Superior
Árboles/ha	129,38	227,38	114,75
%	27,6	48,2	24,2
Valor simplificado	28	48	24
Altura total promedio \pm la desviación estándar (m)	8,31 \pm 3,47	10,76 \pm 3,87	18,43 \pm 4,09

Los VFs calculados para cada piso se utilizaron para obtener el índice de Posición sociológica (PS). Su significado es el de un valor medio, ponderado, de la expansión vertical que tiene la especie en los sustratos, considerando el número de individuos presentes en los mismos.

El valor fitosociológico de las especies en cada estrato social se observa en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Posición Sociológica absoluta y relativa de las especies.

Especie	Estrato Inferior				Estrato Medio				Estrato Superior				Pos. Soc.	
	N	N/ha	VF	VF*N	N	N/ha	VF	VF*N	N	N/ha	VF	VF*N	Abs.	Relat.*
<i>A. colubrina var cebil</i>	76	9,50	30	285,00	189	23,63	47	1110,38	254	31,75	23	730,25	2125,63	12,00
<i>P. rhamnoides</i>	98	12,25	30	367,50	207	25,88	47	1216,13	106	13,25	23	304,75	1888,38	10,66
<i>P. excelsa</i>	45	5,63	30	168,75	165	20,63	47	969,38	71	8,88	23	204,13	1342,25	7,57
<i>T. hieronymi</i>	172	21,50	30	645,00	97	12,13	47	569,88	2	0,25	23	5,75	1220,63	6,89
<i>C. multiflorum</i>	46	5,75	30	172,50	80	10,00	47	470,00	81	10,13	23	232,88	875,38	4,94
<i>U. baccifera</i>	37	4,63	30	138,75	115	14,38	47	675,63	3	0,38	23	8,63	823,00	4,64
<i>R. apetala</i>	76	9,50	30	285,00	78	9,75	47	458,25	5	0,63	23	14,38	757,63	4,28
<i>A. urundeuva</i>	25	3,13	30	93,75	55	6,88	47	323,13	118	14,75	23	339,25	756,13	4,27
<i>M. stipitata</i>	30	3,75	30	112,50	80	10,00	47	470,00	0	0,00	23	0,00	582,50	3,29
<i>T. impetiginosa</i>	24	3,00	30	90,00	48	6,00	47	282,00	28	3,50	23	80,50	452,50	2,55
<i>O. puberula</i>	21	2,63	30	78,75	52	6,50	47	305,50	13	1,63	23	37,38	421,63	2,38
<i>S. laciolum</i>	28	3,50	30	105,00	43	5,38	47	252,63	12	1,50	23	34,50	392,13	2,21
<i>U. caracasana</i>	46	5,75	30	172,50	25	3,13	47	146,88	0	0,00	23	0,00	319,88	1,80
<i>M. pungens</i>	31	3,88	30	116,25	32	4,00	47	188,00	2	0,25	23	5,75	310,00	1,75
<i>P. tubulosus</i>	40	5,00	30	150,00	27	3,38	47	158,63	0	0,00	23	0,00	308,63	1,74
<i>C. insignis</i>	10	1,25	30	37,50	31	3,88	47	182,13	29	3,63	23	83,38	303,00	1,71
<i>N. pichurim</i>	2	0,25	30	7,50	30	3,75	47	176,25	11	1,38	23	31,63	215,38	1,22
<i>M. periferum</i>	7	0,88	30	26,25	23	2,88	47	135,13	16	2,00	23	46,00	207,38	1,17
<i>C. balansae</i>	3	0,38	30	11,25	18	2,25	47	105,75	20	2,50	23	57,50	174,50	0,98
<i>T. tipu</i>	0	0,00	30	0,00	9	1,13	47	52,88	33	4,13	23	94,88	147,75	0,83
<i>S. haenkeana</i>	1	0,13	30	3,75	8	1,00	47	47,00	30	3,75	23	86,25	137,00	0,77
<i>Ch. tinctoria</i>	8	1,00	30	30,00	7	0,88	47	41,13	1	0,13	23	2,88	74,00	0,42
<i>C. paraguayensis</i>	0	0,00	30	0,00	5	0,63	47	29,38	4	0,50	23	11,50	40,88	0,23
<i>J. mimosifolia</i>	0	0,00	30	0,00	6	0,75	47	35,25	1	0,13	23	2,88	38,13	0,22
<i>A. cearensis</i>	0	0,00	30	0,00	5	0,63	47	29,38	2	0,25	23	5,75	35,13	0,20
<i>C. trichotoma</i>	0	0,00	30	0,00	1	0,13	47	5,88	0	0,00	23	0,00	5,88	0,03
<i>G. amorphoides</i>	0	0,00	30	0,00	1	0,13	47	5,88	0	0,00	23	0,00	5,88	0,03

* valores relativos, aporte porcentual del parámetro que representan al valor total de la PS de cada especie, considerando como 100% al valor absoluto de PS.

Las columnas VF*n son la expresión del valor fitosociológico de la especie en el substrato. Debido a las características propias de las especies, algunas presentan una distribución en todos los pisos, mientras que otras están presentes solo en el inferior o inferior y medio.

La mayoría de las especies, presentó individuos en los 3 estratos establecidos, pero fueron pocas aquellas que presentaron abundancias similares en cada uno de ellos. En base a estas diferencias de abundancia, se estableció el comportamiento de las especies, tomando como premisa que cada especie pertenece al estrato o dosel donde presenta la mayor proporción de sus individuos, de esta manera, algunas especies pertenecen al dosel superior, medio o inferior.

De acuerdo a su abundancia absoluta por estrato (Figura 9), las especies que dominan el Estrato Superior son *A. colubrina var cebil*, *A. urundeuva*, *P. rhamnoides*, *C. multiflorum*, *P. excelsa*, con más de 5 ind./ha, todas estas especies de valor forestal; las especies que dominan el Estrato Medio son *P. rhamnoides*, *A. colubrina var cebil*, *P. excelsa*, *U. baccifera*, *T. hieronymi* y *C. multiflorum*, con 10 a mas ind./ha, de las cuales 4 se encuentran dominando también el Estrato Superior. Las especies predominantes en el Estrato Inferior son *T. hieronymi*, *P. rhamnoides*, *A. colubrina var cebil*, *R. apetala*, *C. multiflorum* y *U. caracasana*, con una abundancia mayor a 5 ind./ha.

Este efecto de alta abundancia en un dosel, de especies que no pertenecen al mismo puede deberse, a que al ser un bosque natural disetáneo (composición y edad no uniforme)

se encuentran individuos en distintas etapas de crecimiento, integrándose así a distintos doseles en función de su edad.

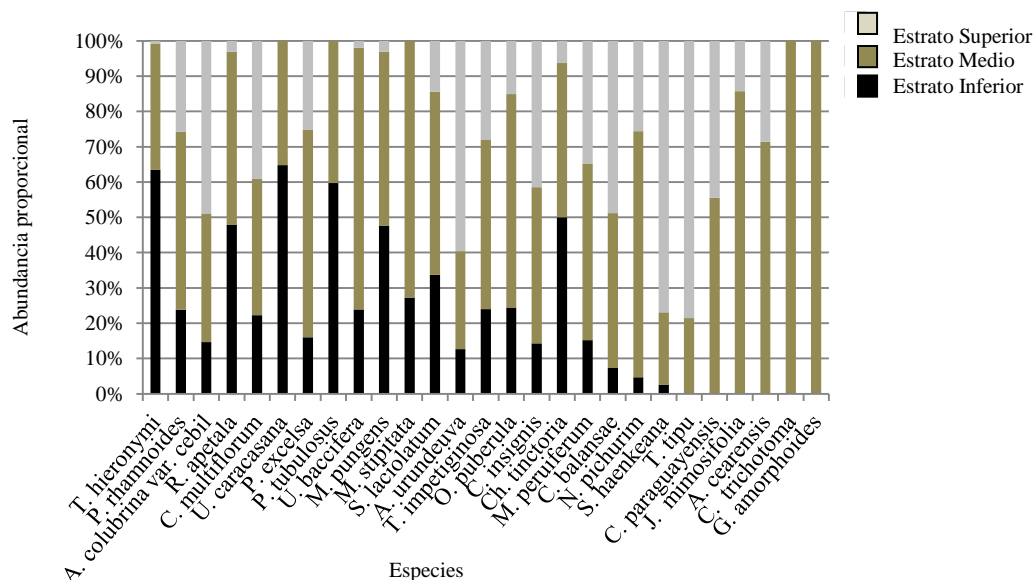


Figura 9. Abundancia proporcional por estrato de las especies.

C.1.2.b. Índice Valor de Importancia Ampliado-IVIA

En la caracterización de la estructura vertical, el parámetro evaluado fue el Índice de valor de importancia ampliado (IVIA). Este toma en cuenta la abundancia, frecuencia y dominancia relativa de las especies (IVI), así como la posición sociológica (PS) de las mismas. Las especies *A. colubrina var. cebil* y *P. rhamnoides* alcanzan los mayores valores de IVIA (Cuadro 17), estas presentan un alto IVI relativo y una alta posición sociológica relativa.

Cuadro 17. Índice valor de importancia ampliado de las especies.

Especie	IVI	PS	IVIA	
	Relativo	Relativo	Absoluto	Relativo*
<i>A. colubrina</i> var				
<i>cebil</i>	14,08	12,00	26,08	16,33
<i>P. rhamnoides</i>	10,11	10,66	20,77	13,01
<i>P. excelsa</i>	5,18	7,57	12,75	7,99
<i>A. urundeuva</i>	7,53	4,27	11,80	7,39
<i>C. multiflorum</i>	6,74	4,94	11,68	7,32
<i>T. hieronymi</i>	4,44	6,89	11,33	7,10
<i>R. apetala</i>	3,56	4,28	7,84	4,91
<i>U. baccifera</i>	1,65	4,64	6,29	3,94
<i>T. impetiginosa</i>	3,33	2,55	5,88	3,68
<i>C. insignis</i>	3,22	1,71	4,93	3,09
<i>M. pungens</i>	2,84	1,75	4,59	2,87
<i>U. caracasana</i>	2,79	1,8	4,59	2,87
<i>S. laciolum</i>	1,97	2,21	4,18	2,62
<i>O. puberula</i>	1,66	2,38	4,04	2,53
<i>M. stipitata</i>	0,21	3,29	3,50	2,19
<i>P. tubulosus</i>	1,32	1,74	3,06	1,92
<i>T. tipu</i>	2,06	0,83	2,89	1,81
<i>M. periferum</i>	1,55	1,17	2,72	1,70
<i>C. balansae</i>	1,58	0,98	2,56	1,60
<i>S. haenkeana</i>	1,49	0,77	2,26	1,42
<i>N. pichurim</i>	0,86	1,22	2,08	1,30
<i>G. amorphoides</i>	0,88	0,03	0,91	0,57
<i>Ch. tinctoria</i>	0,39	0,42	0,81	0,51
<i>C. trichotoma</i>	0,75	0,03	0,78	0,49
<i>C. paraguayensis</i>	0,47	0,23	0,70	0,44
<i>J. mimosifolia</i>	0,42	0,22	0,64	0,40
<i>A. cearensis</i>	0,24	0,20	0,44	0,28

IVI: índice valor de importancia, PS: posición sociológica. * valores relativos, aporte porcentual del parámetro que representan al valor total de IVIA de cada especie, considerando como 100% al valor absoluto de IVIA.

C.1.2.c. Índice Valor de Importancia Familiar

Se registraron 33 familias, de las cuales Fabaceae posee la mayor abundancia de individuos y es la que presenta el mayor peso ecológico (IVIF) con 62.37%, ocupando el segundo lugar en abundancia y el primero en dominancia. Luego siguen las familias Ulmaceae, Anacardiaceae, Rubiaceae y Meliaceae que en conjunto representan al 50 % del total y el 60 % de la abundancia total en las parcelas de inventario. (Cuadro 18) (Figura 10).

Cuadro 18. Lista de las familias más importantes de acuerdo al Índice de Valor de Importancia para Familia.

Familia	Abundancia		Frecuencia		Dominancia		IVIF
	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	
Fabaceae	981	25,47	1,00	4,65	8,97	32,25	62,37
Ulmaceae	422	10,96	0,88	4,07	3,51	12,62	27,65
Anarcadiaceae	288	7,48	1,00	4,65	4,22	15,16	27,29
Rubiaceae	245	6,36	1,00	4,65	3,36	12,09	23,10
Meliaceae	313	8,13	1,00	4,65	0,98	3,51	16,29
Bombacaceae	100	2,60	1,00	4,65	1,55	5,58	12,82
Urticaceae	238	6,18	1,00	4,65	0,53	1,90	12,73
Bignoneaceae	118	3,06	1,00	4,65	1,26	4,53	12,24
Boraginaceae	143	3,71	1,00	4,65	0,67	2,39	10,76
Polygonaceae	169	4,39	0,88	4,07	0,55	1,97	10,43
Mirtaceae	170	4,41	0,88	4,07	0,30	1,07	9,55
Lauraceae	125	3,25	0,63	2,91	0,45	1,62	7,77
Nictaginaceae	105	2,73	0,88	4,07	0,18	0,63	7,43
Sapindaceae	80	2,08	0,75	3,49	0,36	1,29	6,86
Euphorbiaceae	78	2,03	0,88	4,07	0,21	0,76	6,85
Santalaceae	44	1,14	1,00	4,65	0,16	0,57	6,37
Rutaceae	42	1,09	0,88	4,07	0,11	0,40	5,56
Achotocarpaceae	19	0,49	0,88	4,07	0,04	0,15	4,71
Combretaceae	26	0,68	0,75	3,49	0,07	0,24	4,40
Solanaceae	31	0,80	0,63	2,91	0,09	0,32	4,03
Moraceae	15	0,39	0,63	2,91	0,06	0,23	3,53
Erythroxylaceae	27	0,70	0,50	2,33	0,04	0,15	3,18
Flacourtiaceae	13	0,34	0,50	2,33	0,03	0,10	2,77
Sapotaceae	9	0,23	0,50	2,33	0,02	0,07	2,63
Piperaceae	22	0,57	0,38	1,74	0,03	0,12	2,43
Asteraceae	3	0,08	0,38	1,74	0,00	0,02	1,84
Heliocarpaceae	13	0,34	0,13	0,58	0,05	0,18	1,10
Elaeocarpaceae	5	0,13	0,13	0,58	0,01	0,04	0,75
Melastomataceae	2	0,05	0,13	0,58	0,01	0,03	0,66
Caricaceae	2	0,05	0,13	0,58	0,00	0,01	0,64
Malpigiaceae	2	0,05	0,13	0,58	0,00	0,01	0,64
Capparidaceae	1	0,03	0,13	0,58	0,00	0,01	0,61

La mayor importancia de la Familia Fabaceae se debe a 14 especies distintas, en cuanto a Ulmaceae y Rubiaceae están representadas solo por una especie y la familia Meliaceae por 2 especies (Cuadro 18).

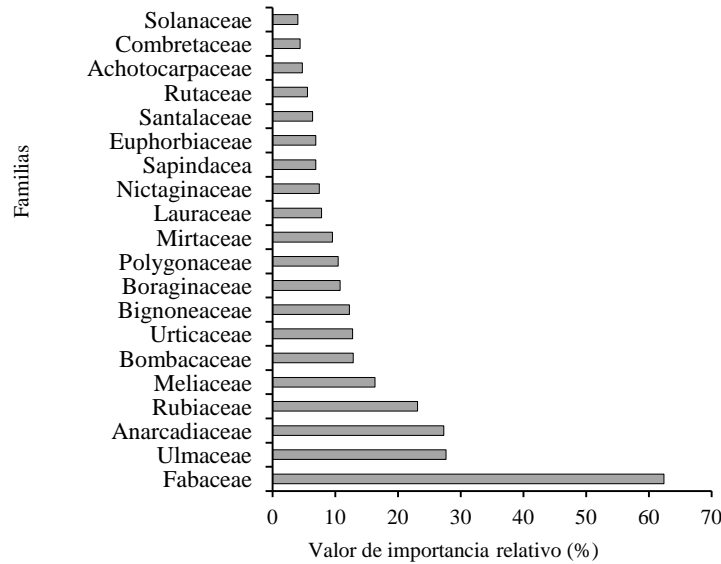


Figura 10. Índice de valor familiar de la Selva Pedemontana

C.1.2.d. Estructura de la regeneración natural

En el estudio de la regeneración natural se analizó únicamente la correspondiente a las especies arbóreas de valor forestal o maderable.

C.1.2.d.1. Abundancia

La densidad correspondiente a la regeneración de las principales especies (Cuadro 19), muestra algunas diferencias con relación a este mismo parámetro en el estrato arbóreo (Cuadro 10). Las tres primeras especies *A. colubrina* var *cebil*, *P. rhamnoides* y *A. urundeuva* tienen una gran capacidad de producir nuevos individuos, que garantizan el reemplazo de un individuo extraído o caído. En cambio *M. peruiferum*, posee una gran proporción de la regeneración que probablemente no llegara a reclutarse, debido a la escasa existencias arbórea en el rodal (6 ind./ha), en comparación con *P. rhamnoides* y *C. multiflorum* que poseen abundante regeneración y una alta participación arbórea en el rodal (53 y 25 ind./ha respectivamente). En el caso de *A. urundeuva*, posee muchos individuos en el estrato arbóreo (27 ind./ha) y pocos en la regeneración.

Cuadro 19. Número de individuos de la regeneración natural de las especies arbóreas.

Especie	Abundancia	
	Absoluta (ind./ha)	Relativa (%)
<i>P. rhamnoides</i>	70,63	30,96
<i>C. multiflorum</i>	51,25	22,47
<i>M. peruiferum</i>	40,63	17,81
<i>A. colubrina var cebil</i>	21,25	9,32
<i>C. balansae</i>	18,13	7,95
<i>T. impetiginosa</i>	16,25	7,12
<i>P. excelsa</i>	8,13	3,56
<i>A. urundeuva</i>	1,25	0,55
<i>Ch. tinctoria</i>	0,63	0,27

C.1.2.d.2. Frecuencia

La frecuencia de los individuos de la regeneración natural por especie, se presentan en el Cuadro 20. La especie más frecuente, es decir con distribución más uniforme, es *A. colubrina var cebil*, luego *M. peruiferum*, *P. rhamnoides*, *T. impetiginosa* y *C. multiflorum*. A partir de esta última disminuye notoriamente la ocurrencia de las especies.

Cuadro 20. Frecuencia absoluta y relativa de la regeneración natural.

Especies	Frecuencia	
	Absoluta (Ocurrencias)	Relativa (%)
<i>A. colubrina var cebil</i>	8	17,39
<i>M. peruiferum</i>	7	15,22
<i>P. rhamnoides</i>	7	15,22
<i>T. impetiginosa</i>	7	15,22
<i>C. multiflorum</i>	6	13,04
<i>C. balansae</i>	4	8,70
<i>P. excelsa</i>	4	8,70
<i>A. urundeuva</i>	2	4,35
<i>Ch. tinctoria</i>	1	2,17

C.1.2.d.3. Clases de tamaño de la regeneración natural

Otro aspecto importante a considerar es la distribución de tamaños de los renovales, cuyo análisis se hizo agrupando los individuos en clases de altura (Cuadro 21). Las especies heliófilas poseen una escasa cantidad en las clases mayores de tamaño (III) por ej. *C. balansae* y *M. peruiferum*. En contraposición las especies umbrófilas que poseen una mejor distribución y abundancia en las distintas clase de tamaño son por ej. *P. rhamnoides* y *C. multiflorum*.

Cuadro 21. Número de ind./ha por clases de tamaño de la regeneración natural.

Especie	Clase I	Clase II	Clase III	Total
<i>A. colubrina var cebil</i>	5,63	8,13	7,50	21,25
<i>A. urundeuva</i>	0,63	0,00	0,63	1,25
<i>C. balansae</i>	11,88	5,00	1,25	18,13
<i>C. multiflorum</i>	9,38	21,25	21,25	51,88
<i>Ch. tinctoria</i>	0,63	0,00	0,00	0,63
<i>M. peruiiferum</i>	28,75	11,25	0,63	40,63
<i>P. excelsa</i>	5,00	3,13	0,00	8,13
<i>P. rhamnoides</i>	22,50	37,50	10,63	70,63
<i>T. impetiginosa</i>	11,25	3,75	1,25	16,25
Total	95,63	90,00	43,13	228,75

Para calcular las clases de tamaño relativas se aplicó el mismo criterio que para la Posición Sociológica. Es decir, se le atribuyó un valor fitosociológico a cada clase de tamaño (Cuadro 22).

Cuadro 22. Valor fitosociológico para cada clase de tamaño.

	Clase tamaño I	Clase de tamaño II	Clase de tamaño III
Árboles/ha	15,00	7,00	18,00
%	37,50	17,50	45,00
Valor simplificado	37,00	18,00	45,00

El valor asignado a cada clase de altura se utilizó para calcular el índice denominado Clase de Tamaño Absoluta y Relativa (Cuadro 23).

Cuadro 23. Clases de tamaño absoluta y relativa de la regeneración natural.

	Clase de tamaño I			Clase de tamaño II			Clase de tamaño III				
Especie	N	VF	VF*N	N	VF	VF*N	N	VF	VF*N	CTA	CTR (%)
<i>A. colubrina var cebil</i>	5,63	42	236,25	8,10	39	316,88	7,50	19	142,50	695,63	8,34
<i>A. urundeuva</i>	0,63	42	26,25	0,00	39	0,00	0,60	19	11,88	38,13	0,46
<i>C. balansae</i>	11,88	42	498,75	5,00	39	195,00	1,30	19	23,75	717,50	8,60
<i>C. multiflorum</i>	9,38	42	393,75	21,30	39	828,75	21,30	19	403,75	1626,25	19,49
<i>Ch. tinctoria</i>	0,63	42	26,25	0,00	39	0,00	0,00	19	0,00	26,25	0,31
<i>M. peruiiferum</i>	28,75	42	1207,50	11,30	39	438,75	0,60	19	11,88	1658,13	19,87
<i>P. excelsa</i>	5,00	42	210,00	3,10	39	121,88	0,00	19	0,00	331,88	3,98
<i>P. rhamnoides</i>	22,50	42	945,00	37,50	39	1462,50	10,60	19	201,88	2609,38	31,27
<i>T. impetiginosa</i>	11,25	42	472,50	3,80	39	146,25	1,30	19	23,75	642,50	7,70

C.1.2.d.4 Regeneración natural relativa

Este índice reúne en un solo cálculo la media aritmética de los parámetros obtenidos anteriormente, es decir abundancia, frecuencia y clase de tamaño relativo de la regeneración natural (Cuadro 24).

Cuadro 24. Regeneración natural relativa de las especies de valor forestal.

Especie	Ab. relativa	Frec. relativa	C.T. relativa	Rn r
<i>P. rhamnoides</i>	30,96	15,22	31,27	56,60
<i>C. multiflorum</i>	22,47	13,04	19,49	42,00
<i>M. peruiferum</i>	17,81	15,22	19,87	39,65
<i>A. colubrina var cebil</i>	9,32	17,39	8,34	29,48
<i>T. impetiginosa</i>	7,12	15,22	7,7	24,91
<i>C. balansae</i>	7,95	8,7	8,6	19,51
<i>P. excelsa</i>	3,56	8,7	3,98	13,58
<i>A. urundeuva</i>	0,55	4,35	0,46	5,05
<i>Ch. tinctoria</i>	0,27	2,17	0,31	2,55

Ab: abundancia. Frec.: frecuencia. C.T.: clase de tamaño,

Las especies con abundante presencia en el rodal y en la regeneración son *P. rhamnoides*, *C. multiflorum* y *A. colubrina var cebil*. Con escasa abundancia en el rodal y en la regeneración son *C. balansae* y *A. urundeuva*, y abundante regeneración y escasa participación en el rodal es *M. peruiferum*.

C.1.2.e. Índice de Importancia horizontal y vertical

Un análisis estructural más completo se obtuvo combinando los correspondientes a la estructura horizontal, estructura vertical y de la regeneración natural, mediante la sumatoria del Índice de importancia horizontal (IVI), más el correspondiente a la Posición Sociológica (PS) y a la regeneración natural relativa (RNr) (Cuadro 25).

Cuadro 25. Índice de importancia horizontal y vertical (IHV).

Especie	IVI	PS	RN r	IHV
<i>P. rhamnoides</i>	10,11	10,66	56,60	77,37
<i>A. colubrina var cebil</i>	14,08	12,00	29,48	55,56
<i>C. multiflorum</i>	6,74	4,94	42,00	53,68
<i>M. peruiferum</i>	1,55	1,17	39,65	42,37
<i>T. impetiginosa</i>	3,33	2,55	24,91	30,79
<i>P. excelsa</i>	5,18	7,57	13,58	26,33
<i>C. balansae</i>	1,58	0,98	19,51	22,07
<i>A. urundeuva</i>	7,53	4,27	5,05	16,85
<i>Ch. tinctoria</i>	0,39	0,42	2,55	3,36

La suma de los índices referidos marca claramente la jerarquía de las especies, manteniéndose siempre la preponderancia de tres especies *P. rhamnoides*, *C. multiflorum* y *A. colubrina var cebil*, en el estructura horizontal, estructura vertical y horizontal (Figura 11).

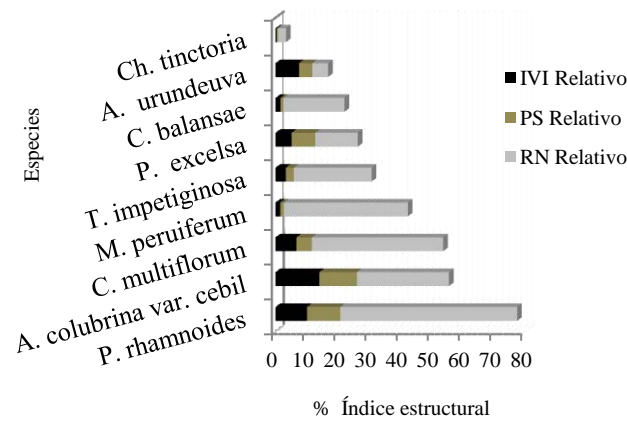


Figura 11. Importancia estructural de las especies de mayor valor forestal. **IVI:** índice valor importancia. **PS:** posición sociológica. **RN:** regeneración natural.

C.1.3. Estructura Horizontal

C.1.3.a. Distribución diamétrica

La determinación de las clases de DAP en función de la ley de Sturges, indicó una amplitud de intervalo de 10 cm, obteniendo una mejor distribución de frecuencias, con lo cual si consideramos todos los individuos, se establecen 8 clases diamétricas (Cuadro 26).

Cuadro 26. Distribución de los individuos por clases diamétricas.

Clases diamétricas (cm)	Individuos por ha		Área basal por clase	
	Total (ind./ha)	Proporción (%)	Total (m ² /ha)	Proporción (%)
≥10<20	285	60,55	4,42	17,93
≥20<30	95	19,37	4,34	17,61
≥30<40	46	9,67	4,27	17,35
≥40<50	26	5,34	3,87	15,69
≥50<60	13	2,75	3,01	12,22
≥60<70	6	1,19	1,80	7,29
≥70<80	3	0,63	1,34	5,43
≥80 o +	2	0,50	1,60	6,47
Total	475		24,65	

En la Figura 12, puede observarse que la distribución diamétrica de las especies es irregular, describiendo una J invertida, característica de rodales de edad no uniforme (Daniel et al. 1982).o rodales disetáneos (Louman 2001) o rodales multicohortes (Oliver y Larson 1996). El área basal del rodal es de 24,67 m²/ha, es mayor en las clases diamétricas inferiores debido a la gran cantidad de individuos existentes, ascendiendo gradualmente hasta la 3° clase diamétrica alcanzando un máximo de 4,27 m²/ha, y a partir de la 4° clase diamétrica comienza a disminuir.

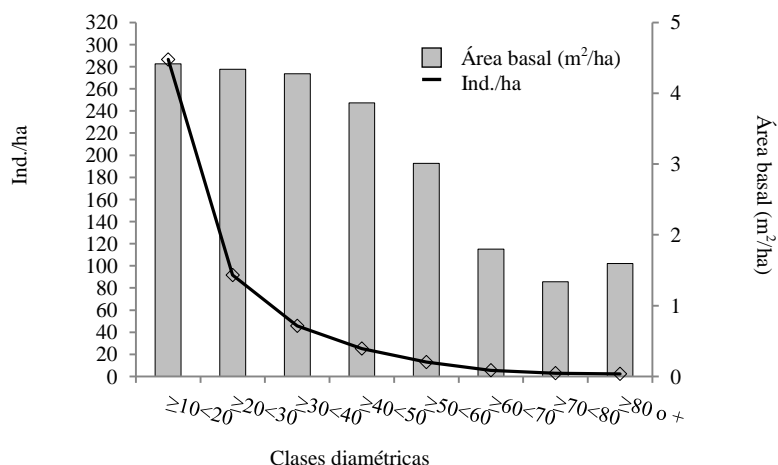


Figura 12. Estructura horizontal según la distribución de clase diamétrica de los árboles. El histograma muestra la distribución de área basal (eje y izquierdo), mientras que la curva muestra la distribución de los individuos (eje y derecho).

C.1.3.b. Distribución diamétrica de las especies de mayor valor forestal

A partir de la obtención de la curva de distribución de clases de diamétricas de las especies de mayor valor forestal, sumado a la regeneración existente, se determinó cuáles son las especies que pueden ser aprovechadas y poseen posibilidades de un manejo sostenible, a partir del crecimiento diamétrico y dinámica forestal de esta.

C.1.3.b.1. Curva de clase diamétrica de las especies de valor forestal

Las especies de valor forestal (muy valiosas y valiosas) tienen un elevado número de individuos en las primeras clases diamétricas, lo que indica un promisorio reclutamiento de la regeneración existente. Además se puede observar que hay una disminución notoria en las clases superiores a partir de la clase de 50 a 60 cm de DAP (Cuadro 27).

Cuadro 27. Distribución de clases diamétricas de las especies de mayor valor forestal.

Clases diamétricas (cm)	Individuos por ha		Área basal por clase	
	Total (ind./ha)	Proporción (%)	Total (m2/ha)	Proporción (%)
$\geq 10 < 20$	101,13	45,30	1,68	11,42
$\geq 20 < 30$	55,38	24,80	2,67	18,17
$\geq 30 < 40$	32,75	14,67	3,10	21,09
$\geq 40 < 50$	19,50	8,73	2,98	20,28
$\geq 50 < 60$	8,75	3,92	2,03	13,78
$\geq 60 < 70$	3,38	1,51	1,08	7,35
$\geq 70 < 80$	1,50	0,67	0,66	4,49
≥ 80 o +	0,88	0,39	0,50	3,41

En la Figura 13, se ha representado la curva de la distribución diamétrica de los individuos de las especies de mayor valor (muy valiosas y valiosas) y el histograma de distribución del área basal por clases diamétricas. La tendencia indica una distribución exponencial decreciente, con un mayor número de individuos en las clases inferiores, decreciendo hacia los diámetros mayores. El área basal es mayor en las clases diamétricas

intermedias; entre la clase 2° y 4° existe la mayor ocupación del sitio forestal, posteriormente comienza a decrecer.

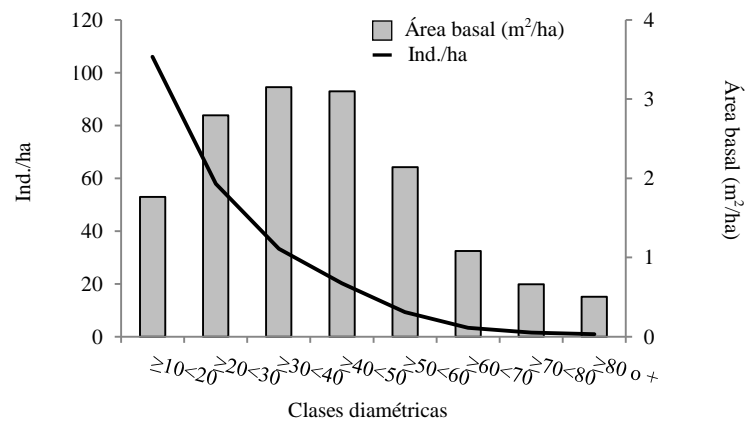


Figura 13. Distribución diamétrica y del área basal por clase diamétrica de las especies de mayor valor forestal.

En el cuadro 28 se presenta la participación (ind./ha, en cada clase diamétricas, de las especies de mayor valor forestal. Se observa la poca participación de las especies de maderas preciosas en todas las clases. Ellas son *C. balansae*, *M. peruiferum*, *A. cearensis* y *C. trichotoma* (Del Castillo et al 2001; Minetti 2006).

Cuadro 28. Participación por clase diamétrica de las especies de mayor valor forestal.

Especie	Clases diamétricas (cm)								total
	≥10<20	≥20<30	≥30<40	≥40<50	≥50<60	≥60<70	≥70<80	≥80 o +	
<i>A. colubrina</i> var. <i>cebil</i>	30,50	17,00	8,75	5,50	2,25	0,88	0,00	0,00	64,88
<i>P. rhamnoides</i>	19,88	15,00	9,13	4,63	2,00	0,50	0,00	0,25	51,38
<i>P. excelsa</i>	15,25	6,50	3,63	2,38	0,25	0,00	0,00	0,13	28,13
<i>C. multiflorum</i>	13,00	4,25	2,88	2,50	2,00	0,75	0,38	0,13	25,88
<i>A. urundeuva</i>	8,38	5,88	5,13	2,00	1,13	0,88	1,13	0,25	24,75
<i>T. impetiginosa</i>	6,88	3,38	1,38	1,00	0,38	0,13	0,00	0,00	13,13
<i>M. peruiferum</i>	3,00	1,38	0,63	0,50	0,25	0,00	0,00	0,00	5,75
<i>C. balansae</i>	1,75	0,75	1,00	1,00	0,25	0,25	0,00	0,13	5,13
<i>C. trichotoma</i>	2,00	1,13	0,13	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	3,38
<i>A. cearensis</i>	0,50	0,13	0,13	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,88
Total	100,63	55,25	32,63	19,50	8,63	3,38	1,50	0,88	223,25

C.1.3.c. Volumen de fuste

En este ítem solo se consideró las especies de valor forestal. En el Cuadro 29 se observa el volumen bruto con corteza por especie y el total del volumen (m³/ha) por clase diamétrica, y por especie. Y además según la **RESOL. 80/2009 SGA**, que estipula los diámetros mínimos de corta (DMC) de las especies de valor económico se estima el volumen bruto con corteza. En este ítem no se consideró *A. cearensis* pues posee una abundancia menor a 1 ind./ha.

El total de aprovechable es de 65,85 m³/ha, donde el mayor aporte lo hacen la especies de mayor peso ecológico como *A. colubrina* var *cebil* (26,11 %), *P. rhamnoides* (19,84 %), *A. urundeuva* (17,50 %) y *C. multiflorum* (14,52 %).

Cuadro 29. Distribución del volumen (m³/ha) para la especies de valor forestal.

Clase diamétrica	<i>A.</i> <i>colubrina</i> var <i>cebil</i>	<i>A.</i> <i>urundeuva</i>	<i>C.</i> <i>multiflorum</i>	<i>C.</i> <i>balansae</i>	<i>M.</i> <i>peruiferum</i>	<i>P.</i> <i>excelsa</i>	<i>P.</i> <i>rhamnoides</i>	<i>T.</i> <i>impetiginosa</i>	<i>C.</i> <i>trichotoma</i>	Total Clase
≥10<20	2,54	0,62	0,98	0,11	0,24	1,16	1,62	0,51	0,13	7,95
≥20<30	5,22	1,51	1,09	0,16	0,44	1,61	4,19	0,85	0,28	15,73
≥30<40	5,46	2,88	1,45	0,52	0,39	2,00	4,71	0,72	0,07	20,58
≥40<50	5,79	1,91	2,47	0,24	0,50	2,23	4,30	0,88	0,88	19,36
≥50<60	3,83	1,76	2,87	0,36	0,37	0,39	2,73	0,54	0,00	13,84
≥60<70	2,12	1,93	1,66	0,00	0,00	0,00	0,87	0,26	0,26	6,83
≥70 o +	0,00	3,04	1,11	0,26	0,00	0,28	0,46	0,00	0,00	5,25
Total especie	24,95	13,65	11,62	1,64	1,95	7,67	18,87	3,75	1,61	85,72
Total aprovechable	17,20	11,52	9,56	1,38	1,26	4,90	13,06	2,39	1,20	62,47

En negrita el volumen aprovechable por especie y el total según DMC.

Si solo consideramos las especies de madera valiosa, el volumen aprovechable es de 3,84 m³/ha. El volumen se distribuye, en forma similar, que la del conjunto de las especies, siendo mayor en las clases diamétricas intermedias. Se puede observar en el cuadro 31, que entre la 2° y 4° clase, se da la mayor proporción del volumen.

Si solamente consideramos el volumen aprovechable según DMC, por clase diamétrica, se distribuye en la 3° clase diamétrica (29,59%), en la 4° clase (29,92%), en la 5° clase (20,97%), en la 6° clase (11,14%) y en la 7° clase (8,37%) (Figura 14).

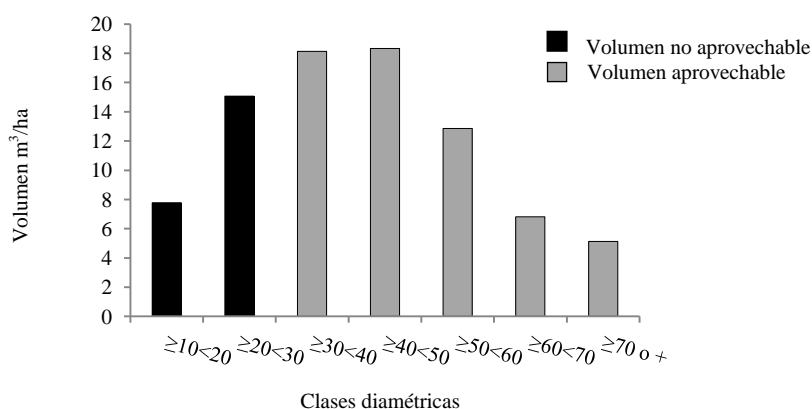


Figura 14. Distribución del volumen aprovechable (m³/ha) por clase diamétrica.

Un dato importante a obtener es saber en cuantos individuos se distribuye el volumen aprovechable, por especie y su posición sociológica. De acuerdo a esto, la mayor extracción potencial por ha, sería de individuos pertenecientes al estrato Codominante, seguido por el estrato Dominante, estrato Intermedio y Oprimido (Cuadro 30).

Cuadro 30. Cantidad de individuos aprovechables (ind./ha) por especie de valor y posición sociológica.

Especies	Posición sociológica				Total
	O	I	CD	D	
<i>A. colubrina var cebil</i>	0,13	1,25	10,88	5,25	17,50
<i>A. urundeuva</i>	0,00	1,00	6,75	2,75	10,50
<i>C. multiflorum</i>	0,13	0,88	5,75	2,00	8,75
<i>C. balansae</i>	0,00	0,50	1,50	0,63	2,63
<i>M. peruiiferum</i>	0,00	0,50	0,38	0,50	1,38
<i>P. excelsa</i>	0,25	1,63	3,25	1,25	6,38
<i>P. rhamnoides</i>	0,63	6,13	8,50	1,25	16,50
<i>T. impetiginosa</i>	0,00	0,63	1,63	0,63	2,88
<i>C. trichotoma</i>	0,00	0,00	0,25	0,00	0,25
Total	1,13	12,50	38,88	14,25	66,75

O: oprimido, I: intermedio, CD: codominante y D: dominante.

Aproximadamente hay 66 ind./ha, potenciales para extraer, lo que representan el 14% del rodal. Si nos referimos a la posición sociológica los estratos Codominante y Dominante representan el 46% de la suma de todos los individuos aprovechables. El número de individuos aprovechables por estrato son 1 ind./ha, 12 ind./ha, 38 ind./ha y 14 ind./ha para los estratos Oprimido, Intermedio, Codominante y Dominante respectivamente.

C.1.4. Comparación entre Sitios

C.1.4.a. Diferencias de Composición

En el Cuadro 31, se observa que existen diferencias en la abundancia (ind./ha) entre las parcelas (Sitio). Las que poseen mayor abundancia de individuos son Tecpetrol y Valle Morado.

C.1.4.b. Diferencias Estructurales

En el Cuadro 31, se observa diferencias significativas de estructura entre las parcelas (sitios), Tabacal, Tecpetrol y Valle Morado. Estas se diferencian del resto de las parcelas por una mayor área basal, que se corresponde a una mayor abundancia de individuos

Cuadro 31. Comparación entre la abundancia (ind./ha) y el Área basal (m²/ha) entre las parcelas (m²/ha).

Parcela	Abundancia	Área basal
	Medias (ind./ha)	Medias (m ² /ha)
Aibal	399±5,21 a	20±0,38 a
Candado chico	424±5,68 a	21±0,38 ab
San Martin	435±4,38 a	22±0,33 abc
Abra grande	439±6,11 ab	26±0,71 abcd
Yuchán	469±4,83 ab	24±0,29 abcd
Tabacal	466±4,17 ab	26±0,43 bcd
Tecpetrol	532±6,72 bc	30±0,64 cd
Valle Morado	641±9,08 c	30±0,51 d
H	28,01	15,2
p	0,0002	0,0335

Prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). **Medias:** valor de media aritmética \pm la desviación estándar de los incrementos diamétricos (mm/año) **H:** estadístico calculado, **p:** grado de significación estadística ($p < 0,05$), letras distintas indica diferencias estadísticamente significativas.

El análisis multivariado de componentes principales generó un gráfico de ejes ortogonales (Figura 15), donde se observan las 25 subparcelas para cada sitio de muestreo.

A partir de los datos de correlación y las varianzas explicadas por los ejes, se trabajó con el eje 1 y eje 2, que logran explicar el 37 % de la varianza de los datos.

Matriz de correlación:

	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Auto valor	1,494	1,161	1,021
Porcentaje	21,348	16,586	14,59
Porcentaje acumulado	21,348	37,934	52,524

De acuerdo al análisis de componentes principales, la parcela que se diferencia del resto es Candado Chico por la menor o ausencia de alguna especie de valor forestal como *M. peruiferum* y *P. rhamnoides*. Las 7 parcelas restantes presentan en su estructura a todas las especies de valor. No se determinan grupos de especies que sirvan para discriminar los sitios, entendiéndose en una distribución homogénea de las especies en los sitios. Se observan grupos de dominancias compuestos por especies según su tolerancia. En las parcelas, a medida que existe mayor dominancia de especies heliófilas de valor forestal (*A. colubrina* y *A. urundeuva*), disminuye la dominancia de especies umbrófilas (*C. multiflorum* y *P. rhamnoides*). La mayor dominancia de *C. balansae* influye en una menor dominancia de *A. colubrina* y *A. urundeuva*. La especie *A. colubrina* es menos abundante en las parcelas Tabacal, Aibal y Tecpetrol, e igual situación ocurre con *A. urundeuva*. Las especies *P. rhamnoides* y *C. multiflorum* son menos abundantes en las parcela Yuchan, Abra Grande y Valle Morado. La especie *C. balansae* es más abundante en las parcelas Aibal, Tabacal y Tecpetrol, mientras que *M. peruiferum* es mas abundante en las parcelas Aibal y Valle Morado.

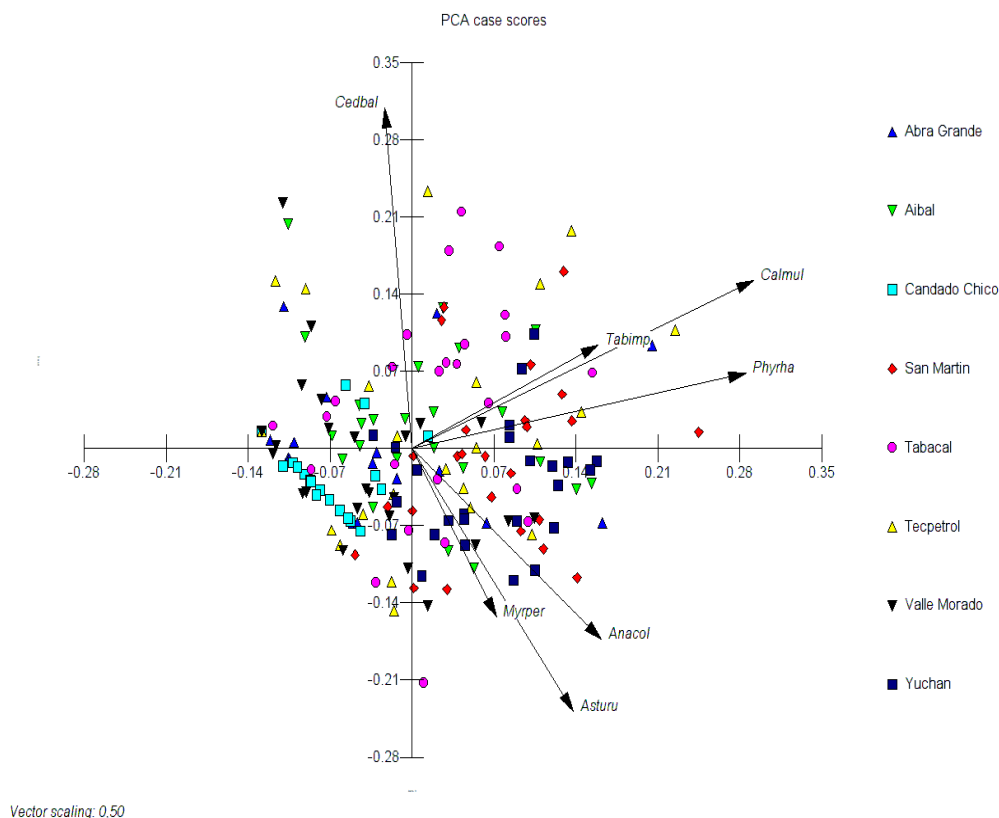


Figura 15. Diagrama de Componentes Principales según Área basal de las especies de mayor valor forestal para cada cuadrante de cada parcela.

El eje 1 tiene una mayor correlación con las especies umbrófilas (*C. multiflorum* y *P. rhamnoides*) y el eje 2 posee mayor correlación con *C. balansae*, y correlaciona negativamente con las especies heliófilas (*A. colubrina*, *A. urundeuva*).

Matriz de correlación de los ejes con las variables:		Matriz de correlación de los ejes con las variables:	
		Eje 1	Eje 2
	<i>A. colubrina</i>	0,328	-0,351
	<i>A. urundeuva</i>	0,28	-0,484
	<i>C. multiflorum</i>	0,593	0,31
	<i>C. balansae</i>	-0,047	0,627
	<i>M. peruiiferum</i>	0,146	-0,31
	<i>P. rhamnoides</i>	0,579	0,139
	<i>T. impetiginosa</i>	0,323	0,191

La participación de las especies de valor y la suma del resto de las especies presentes por cada parcela, se puede observar en el Cuadro 32.

Cuadro 32. Área basal (m²/ha) de cada especie de valor y el resto de las otras especies, correspondiente a cada parcela.

Especies	Parcelas							
	Abra Grande	Aibal	Candado Chico	San Martín	Tabacal	Tecpetrol	Valle Morado	Yuchán
<i>A. colubrina</i> var <i>cebil</i>	3,26	2,24	5,98	7,14	2,98	3,60	1,75	3,78
<i>A. urundeuva</i>	1,78	1,31	0,09	3,02	2,30	3,34	2,28	5,42
<i>C. multiflorum</i>	0,65	1,98	0,24	3,84	3,81	2,63	0,68	2,37
<i>M. peruiferum</i>	0,03	0,59	0,00	0,46	0,31	0,03	0,76	0,38
<i>P. excelsa</i>	0,30	0,54	0,06	0,31	1,08	0,98	0,88	0,16
<i>C. balansae</i>	1,63	2,83	0,00	0,46	0,90	1,88	3,01	0,17
<i>T. impetiginosa</i>	0,78	0,64	0,41	1,60	0,55	0,74	0,48	0,30
<i>P. rhamnoides</i>	1,77	3,61	0,00	2,26	5,27	5,04	1,42	7,68
otras	15,98	6,44	13,95	2,96	8,88	11,25	18,67	3,29
Total	26,16	20,17	20,73	22,04	26,07	29,48	29,92	23,55

En el cuadro 33, se representa la participación porcentual de las especies y el total del resto de las especies en cada parcela. Por ejemplo *C. balansae* se encuentra en mayor proporción en la parcela Valle Morado.

Cuadro 33. Abundancia relativa (%) de las especies de valor por parcela.

Especies	Parcelas							
	Abra Grande	Aibal	Candado Chico	San Martín	Tabacal	Tecpetrol	Valle Morado	Yuchán
<i>A. colubrina</i>	13,05	8,96	23,92	28,54	11,92	14,40	7,00	15,12
<i>A. urundeuva</i>	7,10	5,23	0,35	12,07	9,19	13,37	9,13	21,68
<i>C. multiflorum</i>	2,59	7,93	0,97	15,34	15,25	10,51	2,71	9,48
<i>M. peruiferum</i>	0,12	2,37	0,00	1,85	1,23	0,11	3,03	1,51
<i>P. excelsa</i>	1,19	2,15	0,23	1,22	4,33	3,90	3,50	0,64
<i>C. balansae</i>	6,50	11,32	0,00	1,82	3,59	7,50	12,03	0,66
<i>T. impetiginosa</i>	3,10	2,55	1,63	6,41	2,20	2,96	1,92	1,21
<i>P. rhamnoides</i>	7,06	14,42	0,00	9,05	21,08	20,15	5,69	30,72
otras especies	63,92	25,76	55,80	11,85	35,50	45,00	74,66	13,16

C.2. Crecimiento de las especies

C.2.a. Crecimiento diamétrico

Los datos de crecimiento diamétrico medidos en las 8 parcelas permanentes, se procesaron para obtener la influencia del tamaño del árbol (clase diamétrica) y incidencia lumínica (posición sociológica) sobre el crecimiento de las especies de valor forestal y no maderables.

Al determinar la distribución de los datos de incrementos diamétricos se puede observar que no se ajustan a una distribución normal. El test de Shapiro Wilks presentó un valor de 0,77 (P value: 0,0001), además se puede observar en el gráfico de Q-Q plot en la Figura 16, la falta de ajuste de los datos a una distribución normal. Por ello su evaluación se realizó con test no paramétrico de Kruskal Wallis ($\alpha=0,05$).

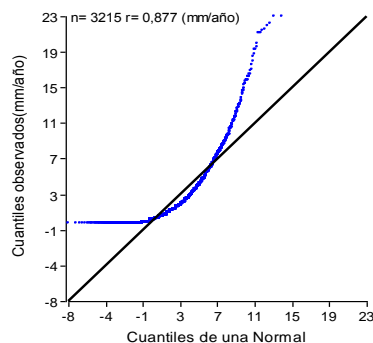


Figura 16. Gráfico Q-Q plot distribución normal.

Las especies presentes poseen incrementos anuales (mm/año) entre 0,2 mm a 23 mm. El intervalo de clase empleado es de 0,23 mm; se observa que el incremento de mayor frecuencia es entre 0,20 a 2,48 mm y el que menos veces se produce es entre 18,44 a 20,72 mm.

En la Figura 17 se representan las 10 clases de frecuencia establecidas en función de las frecuencias relativas. En la misma se puede observar que aproximadamente el 90 % de las especies poseen sus incrementos en las 3 primeras clases de frecuencias.

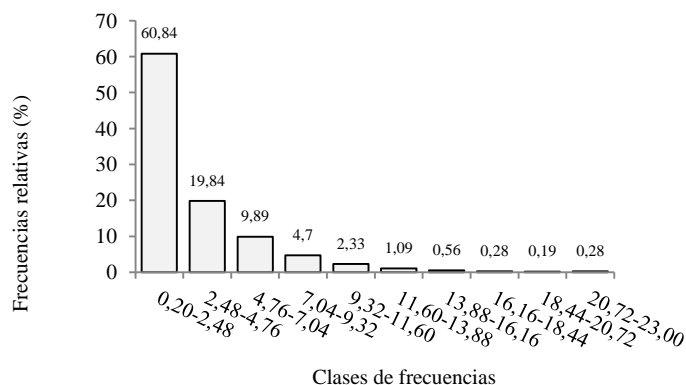


Figura 17. Distribución de frecuencias de los incrementos diamétricos anuales.

Dentro de una especie las tasas de crecimiento fluctúan, siendo esta variación dependiente del tamaño del individuo y de la cantidad de luz que reciben en su copa.

Si consideramos el incremento diamétrico según el tamaño de los individuos, se observa que a partir de la 2º clase diamétrica no existen diferencias entre los incrementos pero que estos son mayores que la 1º clase, la cual corresponde a los individuos de menor tamaño (Cuadro 34).

Cuadro 34. Incremento diamétrico medio anual (mm/año) \pm la desviación estándar por las clases diamétricas de las especies.

Clases diamétricas (cm)	N	Medias (mm)
$\geq 10 < 20$	1845	$2,58 \pm 2,31$ a
$\geq 20 < 30$	673	$3,57 \pm 2,93$ ab
$\geq 30 < 40$	334	$3,31 \pm 2,75$ b
$\geq 40 < 50$	190	$2,90 \pm 2,20$ b
$\geq 50 < 60$	95	$3,90 \pm 2,42$ b
$\geq 60 < 70$	38	$3,74 \pm 3,00$ b
$\geq 70 < 80$	22	$4,11 \pm 3,86$ b
≥ 80	19	$4,08 \pm 2,60$ b
H	60,57	
p	<0,0001	

Prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). **Medias:** valor de media aritmética \pm la desviación estándar de los incrementos diamétricos (mm/año) **H:** estadístico calculado, **p:** grado de significación estadística ($p < 0,05$), letras distintas indica diferencias estadísticamente significativas.

Si consideramos el incremento diamétrico según la posición sociológica de los individuos, se observa que los estratos que dominan el dosel del bosque (Dominante y Codominante) poseen mayores incremento diamétricos que los demás estratos del sotobosque. (Cuadro 35)

Cuadro 35. Incremento diamétrico medio anual (mm/año) \pm la desviación estándar (mm) según la posición sociológica de las especies.

Posición sociológica	N	Medias (mm)
Oprimido	802	$1,61 \pm 2,09$ a
Intermedio	1550	$2,90 \pm 3,13$ b
Codominante	692	$3,87 \pm 3,53$ c
Dominante	172	$4,33 \pm 3,91$ c
H	291,68	
p	<0,0001	

Prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). **Medias:** valor de media aritmética \pm la desviación estándar de los incrementos diamétricos (mm/año) **H:** estadístico calculado, **p:** grado de significación estadística ($p < 0,05$), letras distintas indica diferencias estadísticamente significativas.

Al observar los incrementos diamétricos medios anuales (IMA) para cada grupo de especies (maderables y no maderables) discriminados por clase diamétricas, las especies no maderables tienen mayores incrementos en la mayoría de las clases (Figura 18).

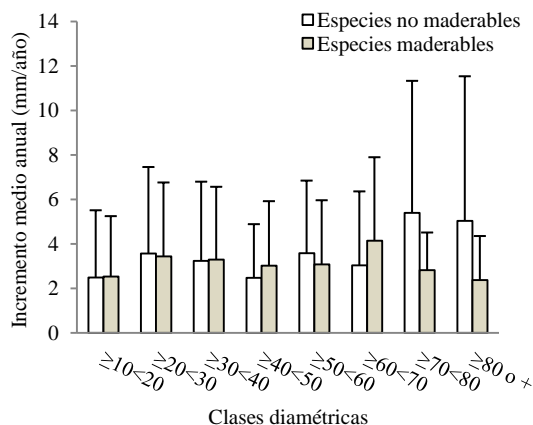


Figura 18. Incremento diamétrico anuales (mm/año) para cada grupo de especies discriminadas por clases diamétricas. Cada barra representas el incremento promedio anual \pm la desviación estándar.

Los incrementos diamétricos medios de las especies maderables y no maderables discriminadas por clases diamétricas, son en promedio de 2,97 mm/año para las maderables y de 2,76 mm/año para las no maderables. Se pueden observar diferencias significativas entre los incremento diamétricos anuales de las especies maderables sobre las no maderables, en las clases diamétricas de $\geq 10 < 20$ cm y $\geq 40 < 50$ cm (Cuadro 36).

Cuadro 36. Comparación entre incrementos diamétricos medios anuales (mm/año) \pm la desviación estándar de especies maderables vs no maderables por las clases diamétricas.

	Densidad (n/ha)		Incremento anual (mm)		
Clase diamétrica	Especies		Especies		
	Mad.	No Mad.	Mad.	No Mad.	*
≥10<20	726	1118	2,53±2,71	2,48±3,03	*
≥20<30	441	232	3,44±3,32	3,57±3,88	-
≥30<40	265	69	3,28±3,27	3,23±2,82	-
≥40<50	159	31	3,10±2,88	1,79±2,09	*
≥50<60	78	17	3,44±2,89	2,35±2,97	-
≥60<70	33	5	4,13±3,76	1,52±2,06	-
≥70<80	16	6	3,54±2,91	5,60±7,37	-
≥80 o +	13	6	3,94±5,97	4,30±4,24	-
Total	1731	1484	2,97±3,02	2,76±3,30	*
H	18,88				
p	<0,0001				

Prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). **Medias:** valor de media aritmética \pm la desviación estándar de los incrementos diamétricos por especies maderables (**Mad.**) y no maderables (**No mad.**). * nivel de asociación entre especies según su incremento diamétrico anual, (*) indica diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). **H:** estadístico calculado **p:** grado de significación estadística.

Los incrementos diamétricos medios anuales según la posición sociológica de las especies, aumentan a mayor disponibilidad de luz en las copas, tanto en las maderables como no maderables. El estrato que posee los mayores incrementos diamétricos medios en las especies maderables es el Dominante, con 4,40 mm/año, y en las no maderables es el estrato Codominante con 3,50 mm/año. No se encuentran diferencias significativas en el incremento medio anual según la posición sociológica entre especies maderables y no maderables (Cuadro 37).

Cuadro 37. Comparación entre incrementos diamétricos medios anuales (mm/año) \pm la desviación estándar de especies maderables vs no maderables según la posición sociológica.

	Densidad (n/ha)		Incremento medio anual (mm)		
Posición sociológica	Especies		Especies		
	Mad.	No Mad.	Mad.	No Mad.	*
Oprimido	277	522	1,48±1,70	1,68±2,25	-
Intermedio	715	840	2,62±2,74	3,08±3,39	-
Codominante	583	108	3,84±3,31	4,00±4,20	-
Dominante	156	14	4,13±3,73	4,98±4,46	-
Total	1731	1484	2,97±3,02	2,76±3,30	*
H	18,88				
p	<0.0001				

Prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). **Medias:** valor de media aritmética \pm la desviación estándar de incrementos diamétricos por especies maderables (**Mad.**) y no maderables (**No mad.**). * nivel de asociación entre especies según su incremento diamétrico anual, (*) indica diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). **H:** estadístico calculado. **p:** grado de significación estadística.

Al discriminar el crecimiento diamétrico entre los distintos estratos sociales en cada grupo de especie, maderables y no maderables, se puede observar que en las maderables existe una diferencia significativa entre los estratos Dominantes y Codominantes, donde existe un mayor incremento diamétrico con respecto a los otros estratos. En las especies no maderables, por su parte, en los estratos superiores existen mayores incrementos que en el estrato Oprimido (Cuadro 38).

Cuadro 38. Comparación entre incrementos diamétricos medios anuales (mm/año) \pm la desviación estándar por tipo de especie según la posición sociológica.

Valor forestal	Estrato	Medias (mm)	H
Maderable	Oprimido	1,48±1,70a	174,58
	Intermedio	2,62±2,74b	
	Codominante	3,84±3,31c	
	Dominante	4,13±3,73c	
No maderable	Oprimido	1,68±2,25a	112,82
	Intermedio	3,08±3,39b	
	Dominante	4,00±4,20b	
	Codominante	4,98±4,46b	
p	<0,001		

Prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). **Medias:** valor de media aritmética \pm la desviación estándar de los incrementos diamétricos (mm/año) **H:** estadístico calculado, **p:** grado de significación estadística ($p < 0,05$), letras distintas indica diferencias estadísticamente significativas.

Si consideramos entre las especies maderables, las de valor forestal, la especie con los mayores incrementos es *C. balansae* con 8,30 mm/año y 6,66 mm/año en la clase diamétrica $\geq 20 < 30$ y $\geq 40 < 50$ cm respectivamente. La especie con menores incrementos diamétricos en promedio en todas las clases diamétricas es *P. rhamnoides* con 1,23 mm/año (Cuadro 39).

Cuadro 39. Incrementos diamétricos medios anuales (mm/año) \pm la desviación estándar por la clase diamétrica de las especies de mayor valor forestal.

Especies	Clases diamétricas (cm)						Total
	$\geq 10 < 20$	$\geq 20 < 30$	$\geq 30 < 40$	$\geq 40 < 50$	$\geq 50 < 60$	≥ 60 a +	
<i>A. colubrina</i>	3,60 \pm 2,91	5,91 \pm 3,44	5,82 \pm 3,53	4,83 \pm 3,37	5,45 \pm 4,28	7,80 \pm 5,22	4,77
<i>A. urundeuva</i>	2,14 \pm 2,24	3,33 \pm 1,91	4,13 \pm 2,67	2,83 \pm 1,68	3,84 \pm 3,09	3,03 \pm 2,43	3,06
<i>C. multiflorum</i>	1,74 \pm 1,17	2,26 \pm 2,23	1,47 \pm 1,30	1,65 \pm 1,48	2,25 \pm 1,20	1,53 \pm 0,90	1,82
<i>C. balansae</i>	4,37 \pm 4,32	8,30 \pm 4,32	4,83 \pm 1,89	6,66 \pm 3,63	5,70 \pm 1,27	6,13 \pm 0,92	5,77
<i>M. peruiferum</i>	2,72 \pm 1,27	2,10 \pm 1,70	3,70 \pm 3,81	2,05 \pm 1,35	2,90 \pm 2,12	0,00 \pm 0,00	2,59
<i>P. excelsa</i>	2,93 \pm 2,15	2,96 \pm 2,37	2,29 \pm 2,46	2,8 \pm 2,56	2,50 \pm 2,69	3,80 \pm 0,00	2,84
<i>P. rhamnoides</i>	1,16 \pm 1,28	1,31 \pm 1,46	1,21 \pm 1,11	1,06 \pm 0,78	1,51 \pm 1,06	2,00 \pm 1,14	1,23
<i>T. impetiginosa</i>	1,53 \pm 1,91	1,99 \pm 2,01	1,54 \pm 1,79	3,50 \pm 2,92	0,80 \pm 0,85	7,20 \pm 0,00	1,83

Si graficamos los incrementos diamétricos promedios anuales por cada clase diamétrica, existen dos especies que se destacan por su mayor crecimiento *A. colubrina* y *C. balansae*; y otras dos *C. multiflorum* y *P. rhamnoides*, por su menor crecimiento diamétrico (Figura 19).

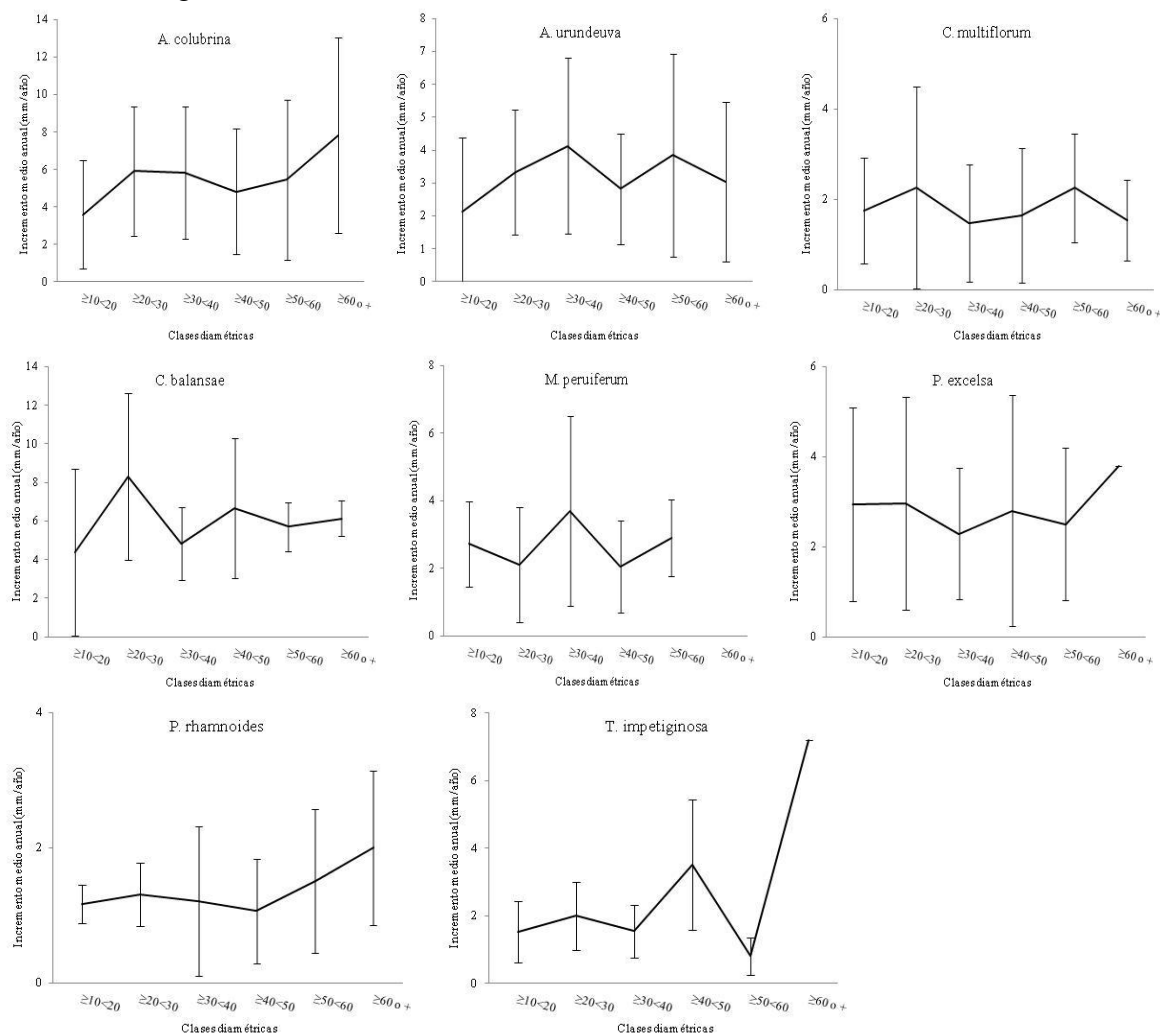


Figura 19. Incrementos diamétricos medios anuales (mm/año) por clase diamétrica de las especies de mayor valor forestal. En cada conector se expresa el incremento \pm la desviación estándar.

Las especies de valor forestal tienen diferencias en el crecimiento entre las primeras clases diamétricas, aumentan los incrementos desde las inferiores a las mayores, hasta llegar a la clase $\geq 40 < 50$ cm, a partir de la cual ya no existen diferencias en incremento diamétrico (Cuadro 40).

Cuadro 40. Comparación entre incrementos diamétricos anuales (mm/año) \pm la desviación estándar de especies de mayor valor forestal por las clases diamétricas.

Clases diamétricas (cm)	N	Medias (mm)
$\geq 10 < 20$	696	$2,45 \pm 2,40a$
$\geq 20 < 30$	421	$3,39 \pm 3,18ab$
$\geq 30 < 40$	240	$3,22 \pm 3,11ab$
$\geq 40 < 50$	147	$3,01 \pm 2,90 b$
$\geq 50 < 60$	61	$3,07 \pm 2,89 b$
≥ 60 a +	42	$3,50 \pm 3,12 b$
H	25,22	
p	0,003	

Prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). **Medias:** valor de media aritmética \pm la desviación estándar de los incrementos diamétricos (mm/año) **H:** estadístico calculado, **p:** grado de significación estadística ($p < 0,05$), letras distintas indica diferencias estadísticamente significativas.

Si consideramos la posición sociológica de los individuos, los incrementos diamétricos medios correspondiente a cada especie por estrato sociológico se observan en el Cuadro 41. Las especies que poseen el mayor incremento en el estrato superior son *A. colubrina* y *C. balansae*, y aquellas con los menores incremento en igual estrato son *P. rhamnoides* y *T. impetiginosa*.

Cuadro 41. Incrementos diamétricos promedio anuales (mm/año) \pm la desviación estándar según la posición sociológica de las especies de mayor valor forestal.

Especie	Posición sociológica				Total
	Oprimido	Intermedio	Codominante	Dominante	
<i>A. colubrina</i>	$2,57 \pm 2,78$	$4,19 \pm 3,04$	$5,85 \pm 3,56$	$5,29 \pm 3,30$	4,77
<i>A. urundeuva</i>	$0,95 \pm 1,03$	$2,75 \pm 2,30$	$3,48 \pm 2,23$	$3,94 \pm 2,86$	3,06
<i>C. multiflorum</i>	$1,27 \pm 1,05$	$1,83 \pm 1,27$	$2,11 \pm 1,79$	$1,93 \pm 1,35$	1,82
<i>C. balansae</i>	$1,00 \pm 0,20$	$5,79 \pm 3,49$	$6,39 \pm 3,99$	$6,96 \pm 2,75$	5,77
<i>M. peruiferum</i>	$2,23 \pm 1,02$	$2,51 \pm 1,63$	$2,84 \pm 2,41$	$3,00 \pm 1,36$	2,59
<i>P. excelsa</i>	$1,67 \pm 1,26$	$3,07 \pm 2,42$	$3,32 \pm 2,37$	$2,57 \pm 2,00$	2,84
<i>P. rhamnoides</i>	$1,02 \pm 1,00$	$1,22 \pm 1,24$	$1,48 \pm 1,54$	$1,06 \pm 0,81$	1,23
<i>T. impetiginosa</i>	$0,68 \pm 0,57$	$2,16 \pm 2,38$	$2,07 \pm 1,88$	$2,40 \pm 2,61$	1,83

Al graficar los incrementos diamétricos según la posición sociológica, la mayoría de las especies expresan diferencias en el crecimiento según la posición de la copa arbórea. Las especies que expresan mas notablemente estas diferencias en el crecimiento son *A. colubrina*, *C. balansae*, *A. urundeuva*, *M. peruiferum*, y las que demuestran menor influencia son *P. excelsa*, *T. impetiginosa*, *C. multiflorum* y *P. rhamnoides* (Figura 20).

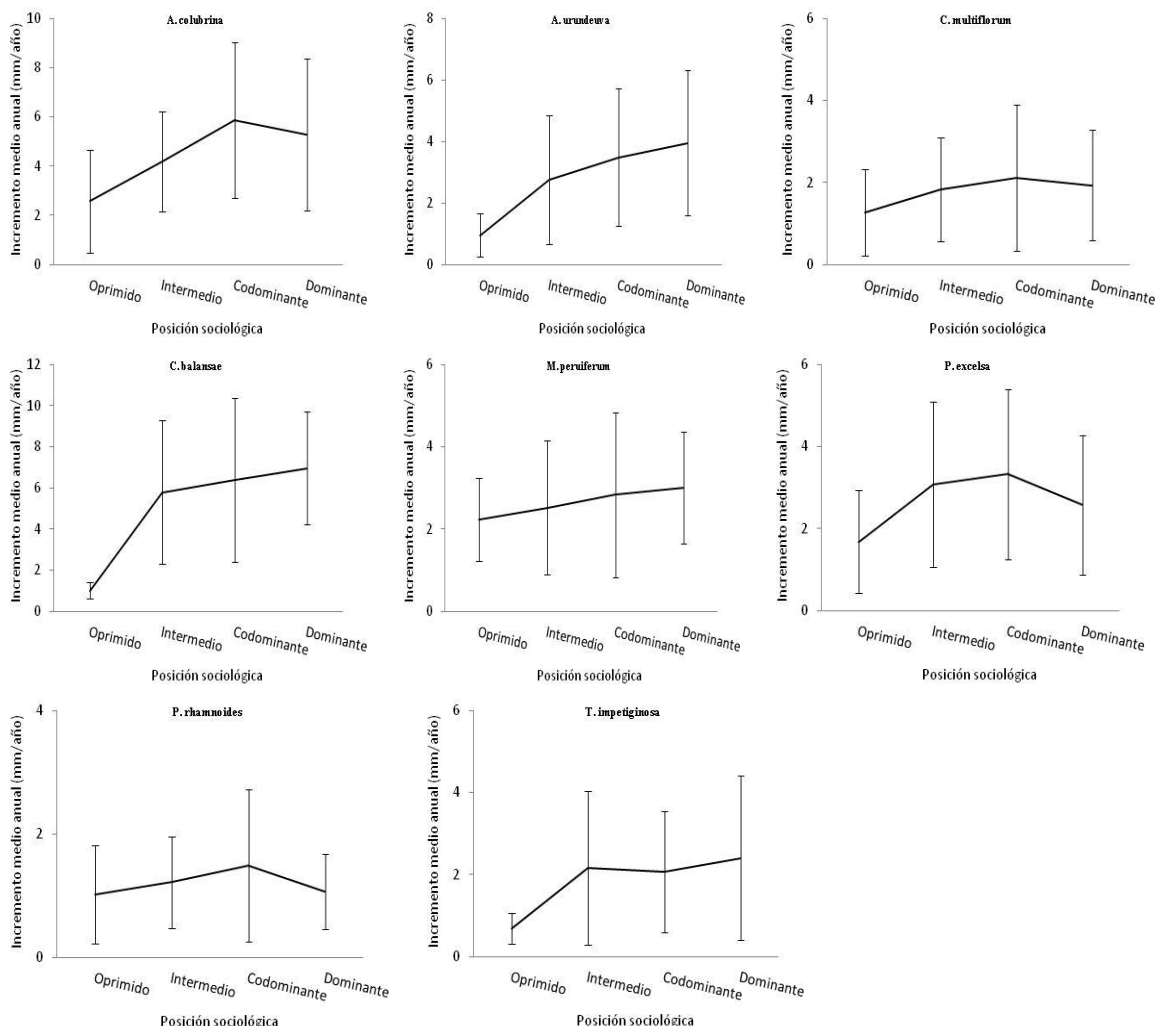


Figura 20. Incrementos diamétricos medios anuales (mm/año) según la posición sociológica de las especies de mayor valor forestal. En cada conector se expresa el incremento \pm la desviación estándar.

En conjunto las especies de mayor forestal, poseen diferencias significativas en los incrementos diamétricos si consideramos cada estrato social. El estrato Dominante y Codominante tiene mayores incrementos que los estratos Oprimido y Intermedio. (Cuadro 42).

Cuadro 42. Comparación entre incrementos diamétricos medios anuales (mm/año) \pm la desviación estándar de especies de mayor valor forestal según la posición sociológica.

Posición sociológica	N	Medias
Oprimido	269	1,50 \pm 1,73 a
Intermedio	679	2,60 \pm 2,51 b
Codominante	530	3,80 \pm 3,22 c
Dominante	129	3,91 \pm 3,11 c
H	161,74	
p	<0,0001	

Prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). **Medias:** valor de media aritmética \pm la desviación estándar de los incrementos diamétricos (mm/año) **H:** estadístico calculado, **p:** grado de significación estadística ($p < 0,05$), letras distintas indica diferencias estadísticamente significativas.

Al hacer un test no paramétrico de análisis de la varianza, se pueden agrupar las especies en tres grupos de crecimiento diamétricos. Las de mayor crecimiento (crecimiento rápido (CR), *C. balansae* y *A. colubrina*; las de crecimiento intermedio (CI), *A. urundeuva*, *M. peruiferum* y *P. excelsa*; y las de crecimiento lento (CL) *C. multiflorum*, *P. rhamnoides* y *T. impetiginosa* (Cuadro 43). También existe un ranking de crecimiento de menor a mayores incrementos *P. rhamnoides* (1), *T. impetiginosa* (2), *C. multiflorum* (3), *M. peruiferum* (4), *P. excelsa* (5), *A. urundeuva* (6), *A. colubrina* (7) y *C. balansae* (8).

Cuadro 43. Comparación entre incrementos diamétricos medios anuales (mm/año) \pm la desviación estándar de las especies mayor valor forestal.

Especie	N	Medias
<i>P. rhamnoides</i>	395	1,23 \pm 1,3a
<i>T. impetiginosa</i>	90	1,82 \pm 2,1ab
<i>C. multiflorum</i>	198	1,83 \pm 1,5b
<i>P. excelsa</i>	185	2,84 \pm 2,3c
<i>M. peruiferum</i>	45	2,59 \pm 1,7c
<i>A. urundeuva</i>	187	3,10 \pm 2,4c
<i>A. colubrina</i>	471	4,77 \pm 3,4d
<i>C. balansae</i>	36	5,77 \pm 3,7d
H	446,67	
p	<0,0001	

Prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). **Medias:** valor de media aritmética \pm la desviación estándar de los incrementos diamétricos (mm/año) **H:** estadístico calculado, **p:** grado de significación estadística ($p < 0,05$), letras distintas indica diferencias estadísticamente significativas.

Se determinó que existen diferencias significativas en el incremento medio anual entre las especies heliófilas (*A. colubrina*, *A. urundeuva*, *C. balansae*, *P. excelsa* y *T. impetiginosa*) y las especies umbrófilas (*C. multiflorum*, *M. peruiferum* y *P. rhamnoides*) (GMSJ 2010) (Cuadro 44).

Cuadro 44. Diferencias de incremento medio anual (mm/año) \pm la desviación estándar entre las especies de valor forestal según tolerancia.

Tolerancia	N	Medias
Heliófilas	933	3,76 \pm 3,11 a
Umbrófilas	674	1,74 \pm 1,88 b
H	226,74	
p	<0,0001	

Prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). **Medias:** valor de media aritmética \pm la desviación estándar de los incrementos diamétricos (mm/año) **H:** estadístico calculado, **p:** grado de significación estadística ($p < 0,05$), letras distintas indica diferencias estadísticamente significativas.

Las especies heliófilas poseen mayores incrementos que las especies umbrófilas, existiendo además diferencias en el incremento diamétrico anual en todas las clases sociales, siendo mayor en las heliófilas (Cuadro 45).

Cuadro 45. Diferencias de incremento medio anual (mm/año) \pm la desviación estándar según la posición sociológica de las especies heliófilas vs umbrófilas.

Posición sociológica	Densidad (n/ha)		Incremento medio anual (mm)		
	Especies		Especies		*
	H	U	H	U	
Oprimido	135	134	1,81 \pm 2,13	1,15 \pm 1,03	*
Intermedio	354	325	3,46 \pm 2,82	1,67 \pm 1,75	*
Codominante	350	180	4,66 \pm 3,30	2,15 \pm 2,30	*
Dominante	94	35	4,37 \pm 3,15	2,52 \pm 2,40	*
Total	933	674	3,76 \pm 3,11	1,74 \pm 1,88	*
H	226,74				
p	<0,0001				

H: heliófilas. U: umbrófilas

Prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). **Medias:** valor de media aritmética \pm la desviación estándar de incrementos diamétricos por especies heliófilas (H) y umbrófilas (U). * nivel de asociación entre especies según su incremento diamétrico anual, (*) indica diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). **H:** estadístico calculado. **p:** grado de significación estadística.

C.2.b. Modelado del Crecimiento diamétrico.

Los datos de crecimiento variaron considerablemente, como se observa en los diagramas de dispersión. En estos se aplicó un análisis no lineal para tener una estimación de los mismos (Figura 21).

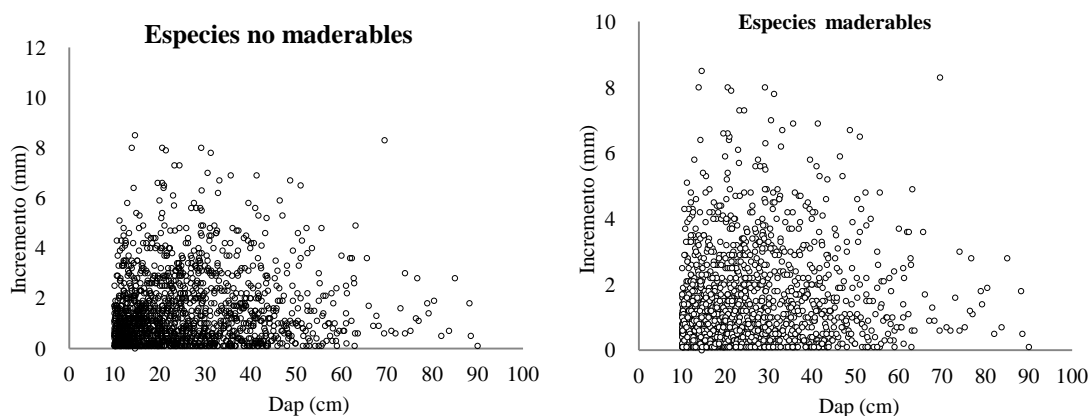


Figura 21. Diagrama de dispersión de los pares de valores (IMA, DAP) de los árboles individuales de las especies maderables y especies no maderables.

Con el objetivo de modelar el crecimiento diamétrico de las especies de mayor valor forestal, se ajustó un modelo de ecuación no lineal.

$$IMA = 0,111722 \cdot PS^{0,739526} \cdot AB^{-0,054870} \cdot GNM^{-0,0003} \cdot C^{4,536384}$$

Donde el incremento promedio anual expresado en cm/año (IMA) es la variable dependiente y las variables independientes son la posición sociológica de los individuos (PS), el área basal correspondiente a cada individuo (AB), área basal por cuadrante de las especies no maderables (GNM) y un índice clasificador de las especies (C). La posición sociológica se discrimina en 1: árboles oprimidos; 2: árboles intermedios; 3: árboles codominantes y 4: árboles dominantes. C, representa un clasificador de las especies de acuerdo a un mayor crecimiento diamétrico en relación al tiempo (Cuadro 43). La especie

de mayor crecimiento es calificada como 8 y la de menor crecimiento le corresponde el número 1; de esta manera se obtuvo el siguiente ranking: *C. balansae* (8), *A. colubrina* (7), *A. urundeuva* (6), *P. excelsa* (5), *M. peruviana* (4), *T. impetiginosa* (3), *C. multiflorum* (2) y *P. rhamnoides* (1).

El análisis de correlación lineal (R) muestra que entre las variables que reflejan la competencia (GNM y AB) existe una menor correlación, que en el caso de PS y C las que fueron codificadas con valores ordinales; en estos casos la correlación con el IMA fue mayor. (Cuadro 46).

Cuadro 46. Análisis de correlación entre el IMA y las variables PS, C, GNM y AB.

Variable	R
PS	0,54
C	0,70
GNM	0,17
AB	0,24

Los estadísticos para evaluar el ajuste del modelo son los siguientes: $R^2 = 41,8926\%$, **Error residual estándar=0,24**, **F=158,72** y **P<0,0001**.

Con la ecuación obtenida se calcularon los incrementos medios anuales (mm/año) por clase diamétrica para los individuos de las especies de mayor forestal (Cuadro 47).

Cuadro 47. Incremento periódico anual estimado (mm/año) \pm desviación estándar de los individuos por clase diamétrica.

Clase diamétrica	n	IMA Min	IMA Media	IMA Máx	E.E.
$\geq 10 < 20$	696	0,09	2,45 \pm 0,10	1,00	0,04
$\geq 20 < 30$	421	0,13	3,39 \pm 0,11	0,81	0,01
$\geq 30 < 40$	240	0,13	3,22 \pm 0,11	0,79	0,01
$\geq 40 < 50$	147	0,15	3,01 \pm 0,12	0,77	0,01
$\geq 50 < 60$	61	0,20	3,07 \pm 0,09	0,67	0,01
≥ 60 a +	42	0,12	3,50 \pm 0,15	0,82	0,02

También se estimó el incremento diamétrico para individuos bajo distintas condiciones de iluminación (Figura 22). El crecimiento es mayor cuanto mayor es la iluminación de la copa pero disminuye a medida que aumenta el DAP en un mismo estrato.

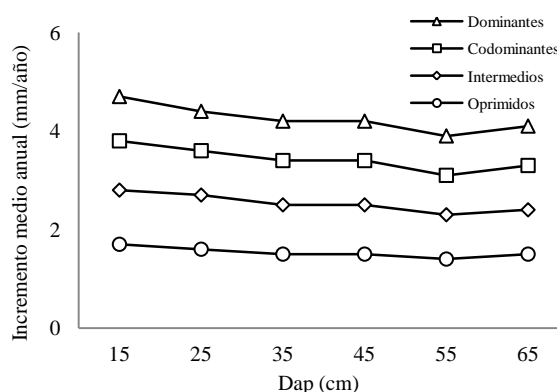


Figura 22. Incrementos medios anuales (mm/año) del diámetro a la altura del pecho de árboles de mayor valor forestal en función del DAP y la posición sociológica de los individuos.

El gráfico obtenido a partir del modelo (Figura 22) muestra una leve disminución de los incrementos medios diamétricos a medida que aumenta el tamaño del individuo en todas las clases sociales.

El área basal de las especies no maderables (GNM) disminuye en las clases diamétricas mayores. Esta variable puede considerarse como un indicador de la competencia interespecífica. Se puede observar que en los estratos sociales con baja capacidad de captar luz (Oprimido y Intermedio), el crecimiento disminuye a medida que disminuye la competencia y en los estratos superiores (Dominante y Codominante) al disminuir la competencia aumenta el crecimiento. Además en los individuos de clases diamétricas mayores, que se entienden de mayor altura total y que forman el vuelo forestal; al disminuir la competencia aumenta el crecimiento diamétrico (Figura 23). A partir de estos datos existe una relación entre la ocupación del rodal por parte de las especies no maderables y el crecimiento de las especies maderables influido también por la posición sociológica y la clase diamétrica de estas últimas.

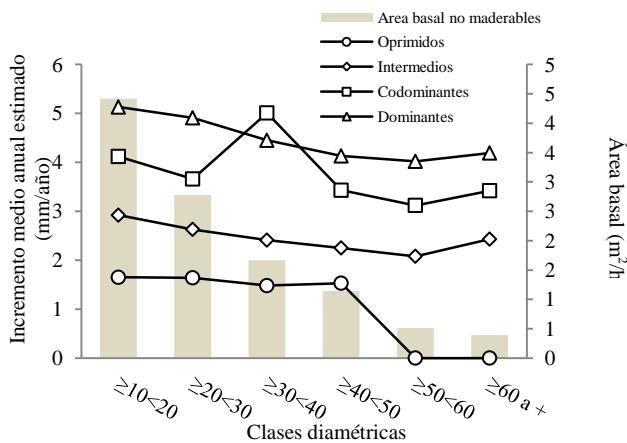


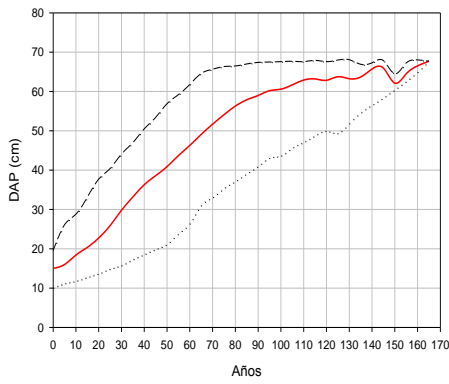
Figura 23. Influencia de la ocupación del sitio (GNM) sobre el crecimiento según clase diamétrica y posición sociológica de las especies de valor forestal.

C.2.c. Curva de crecimiento por especie

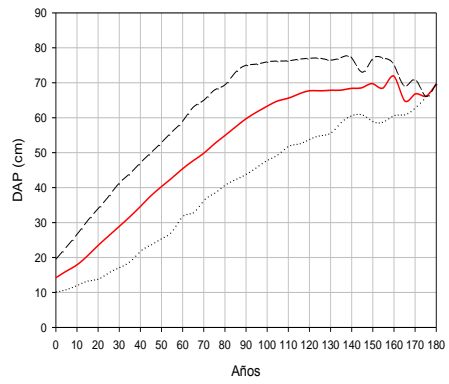
Las curvas de crecimiento se realizaron a partir de los pares de datos de las mediciones sucesivas obtenidas en 2003 y 2008. Las diferencias de estas mediciones nos dieron los incrementos diamétricos a partir de los cuales se simuló el crecimiento diamétrico para obtener las curvas de crecimiento de las 8 especies de mayor valor forestal.

Los gráficos obtenidos de la simulación, son bidimensionales, donde en el eje de las ordenadas está el DAP (diámetro altura al pecho) y en el eje de abscisas, el tiempo expresado en años. Además se grafican las curvas al 2.5 y 97.5 correspondiente al límite inferior y superior de un intervalo de confianza al 95%. La graduación del eje de abscisas se realizó, en el gráfico correspondiente para cada especie, de forma que pueda hacerse una lectura correcta del tiempo que tarda cada especie en llegar al diámetro mínimo de corta, establecido por RESOLUCIÓN N° 81 / 2009 - Secretaría Gestión Ambiental- Gobierno de La Provincia de Jujuy. (Figura 24).

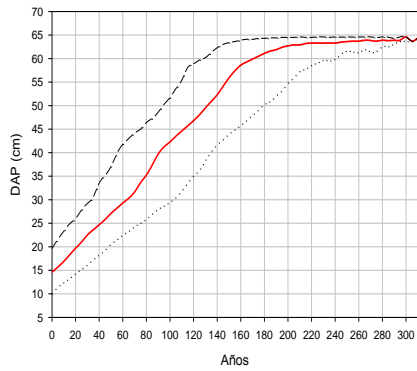
A.- Cedrela balansae



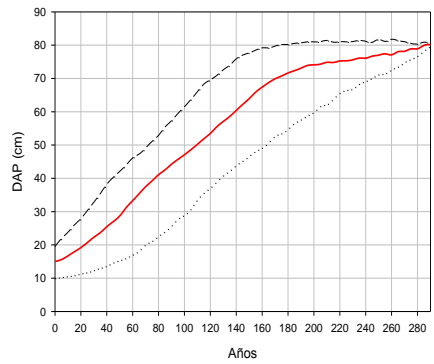
B.- Anadenanthera colubrina



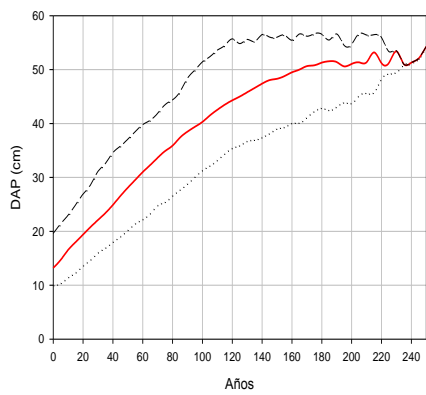
C.- Myroxylon peruiferum



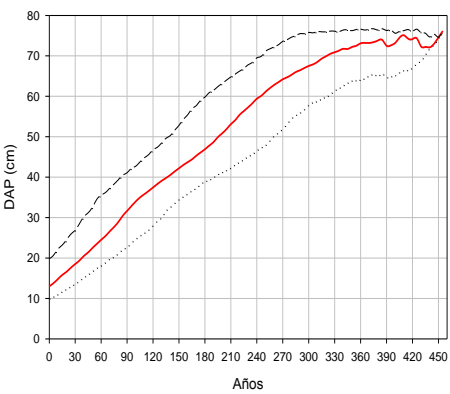
D.- Astronium urundeuva



E.- Parapiptadenia excelsa



F.- Phyllostylon rhamnoides



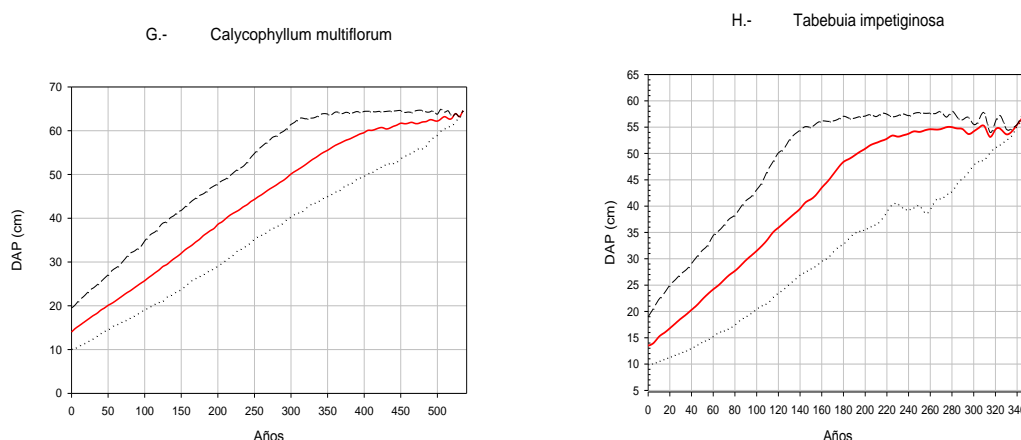


Figura 24. Curvas de crecimiento DAP (cm) vs Años; de las especies de mayor valor forestal. A.- *C. balansae* (Cedro Orán); B.- *A. colubrina* (Cebíl colorado); C.- *M. peruiferum* (Quina); D.- *A. urundeuva* (Urundel); E.- *P. excelsa* (Horco cebíl); F.- *P. rhamnoides* (Palo blanco); G.- *C. multiflorum* (Palo amarillo) y H.- *T. impetiginosa* (Lapacho rosado). En cada gráfico se indican el límite superior e inferior de un intervalo de confianza del 95%. Curvas de crecimiento obtenidas por simulaciones de Monte Carlo (>500) de la trayectoria de crecimiento obtenida a partir de los incremento diamétricos obtenidos en el período de 5 años en cada individuos remedido de las especies consideradas.

A partir de las curvas simuladas se puede estimar el turno de corta con respecto a su diámetro mínimo de corta de las especies anteriormente mencionadas (Cuadro 48).

Cuadro 48. Tiempo estimado (años) en lograr el Diámetro Mínimo de Corta (DMC). L_i : límite inferior intervalo de confianza 95%. L_s : límite superior intervalos de confianza 95%.

Especie	DMC (cm)	Tiempo estimado en lograr DMC (años)	L_i (años)	L_s (años)
<i>C. balansae</i>	40	50	25	90
<i>A. colubrina</i> var <i>cebil</i>	30	35	15	55
<i>P. excelsa</i>	30	60	30	90
<i>A. urundeuva</i>	30	55	20	100
<i>M. peruiferum</i>	35	80	40	120
<i>P. rhamnoides</i>	30	85	40	130
<i>C. multiflorum</i>	30	135	60	200
<i>T. impetiginosa</i>	35	115	60	170

Con la ecuación de crecimiento obtenida y las curvas de crecimiento simuladas, se pueden recabar datos de tasas de crecimiento presentes y tiempo de paso entre las clases diamétricas, de las especies más apreciadas (extraídas) del bosque nativo. Estos datos permiten inferir conclusiones que podrían ser las piedras basales del manejo forestal sostenible, que basado en información científica, tienda a la preservación del recurso forestal y de los bienes y servicios de los bosques.

C.3. Dinámica poblacional de las especies

C.3.a. Incorporaciones

La estimación de las incorporaciones a la primera clase diamétrica es una información necesaria para evaluar las posibilidades que tiene el bosque para una producción sostenida y estimar su resiliencia. Se hizo una estimación de las mismas para

distintos grupos de especies arbóreas según la rapidez de su crecimiento diamétrico, para el período de crecimiento de 25 años proyectado.

Con el recuento de anillos de crecimiento de individuos de *C. balansae* y *A. colubrina*, con 10 cm de DAP, se ajustó una ecuación de los incrementos acumulados para estimar el tiempo que demoran las especies de rápido crecimiento en alcanzar los 10 cm de diámetro, en el caso de especies de lento crecimiento se hizo el recuento de anillos de *A. urundeuva*. En la figura 25, se observa los Incrementos medios acumulados (IMAs) obtenidos del recuento de los anillos de crecimiento.

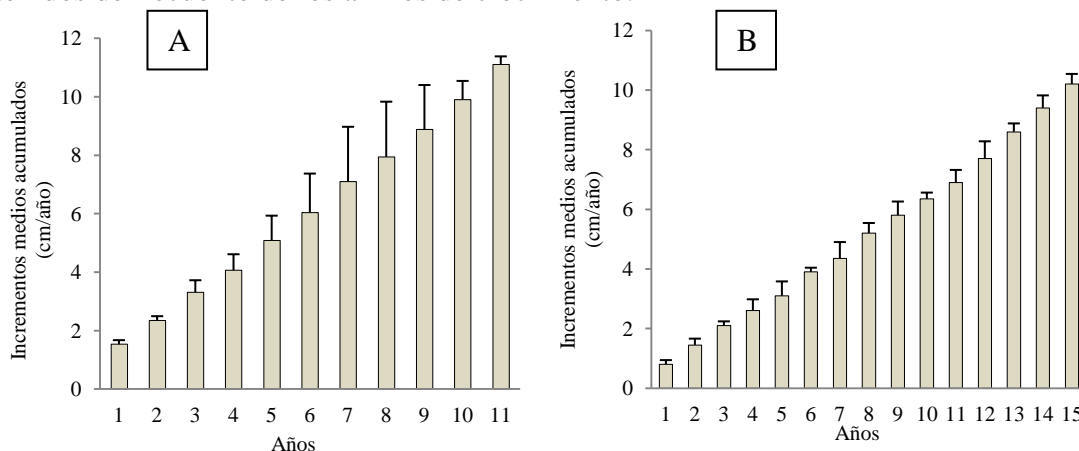


Figura 25. Incrementos medios acumulados \pm desviación estándar de la regeneración. A.- especies rápido crecimiento. B.- especies lento crecimiento.

La ecuación que mejor se ajusta a la dispersión de los incrementos medios anuales acumulados para el caso de las especies de rápido crecimiento es la ecuación de crecimiento de Gompertz y para las de lento crecimiento la de Richards.

Ecuación de Gompertz	$Y = 15,42 \times \exp(-3,34 \times \exp(-0,21 \times X))$	$R^2 = 99 \%$
Ecuación de Richards	$Y = 28,05 \times (1 + -1,01 \times \exp(-0,09 \times X)) * 1,19$	$R^2 = 97 \%$

Ecuación	Parámetros	R ² (%)
Gompertz	$Y = 15,42 \times \exp(-3,34 \times \exp(-0,21 \times X))$	99
Richards	$Y = 28,05 \times (1 + -1,01 \times \exp(-0,09 \times X)) * 1,19$	97

Donde Y es años y X es el DAP (Incrementos medios acumulados. cm/años)

Con la ecuación obtenida se pudo estimar que la regeneración de un individuo de una especie de rápido crecimiento con iluminación total sobre su copa, demanda 10,2 años para obtener 10 cm de DAP y poder ingresar a la primera clase diamétrica, en cambio una especie de lento crecimiento tardará 19 años en lograr ingresar a la primer clase diamétrica.

Con los datos de inventario se estimó que la tasa anual de mortalidad (TAM) y la tasa anual de ingreso de la regeneración (TAI) en el período considerado (5 años) son de 15 y 17 % respectivamente.

Con los datos anteriormente obtenidos se estimó los años en que la regeneración natural de las especies de valor, en un lapso de 25 años, ingresan a la primera clase diamétrica (10-20 cm DAP) (Cuadro 49). Al aplicar la ecuación de crecimiento y la TAM

se observa que los individuos de la regeneración natural, que en el año 2003, pertenecían a la Clase III comienzan a ingresar en la primera clase diamétrica a partir del año 2008.

Los individuos de la regeneración natural que se encontraban en la categoría de tamaño III en el año 2003 (los que medían más de 2 m de altura y con registro de DAP) ingresaron a la primera clase diamétrica en el año 2008; y los individuos de clase III en el año 2008 ingresarán en el año 2013, y así sucesivamente en una dinámica ideal sin disturbios que generen cambios estructurales.

Cuadro 49. Estimación de la masa incorporada (ind./ ha) cada 5 años de las especies de mayor valor forestal.

Especie	Años						
	1998	2003	2008	2013	2018	2023	2028
<i>A. colubrina</i>	9	11	5	10	7	7	6
<i>A. Urundeuva</i>	6	5	1	2	2	2	1
<i>C. multiflorum</i>	7	8	4	4	5	3	2
<i>C. balansae</i>	5	4	2	2	7	2	2
<i>C. trichotoma</i>	4	5	2	2	2	2	1
<i>M. peruiferum</i>	6	5	3	2	6	2	2
<i>P. excelsa</i>	6	6	4	3	4	3	2
<i>P. rhamnoides</i>	8	9	5	4	9	7	5
<i>T. impetiginosa</i>	5	4	3	2	4	2	1
<i>Total</i>	55	57	29	31	47	31	24

C.3.b. Mortalidad y Supervivencia del estrato arbóreo

En forma análoga a la estimación de la mortalidad probable de los ingresos, también para el estrato arbóreo se definió un índice de condición de los árboles (**CA**), que sirvió para determinar cuáles son los árboles que probablemente morirán durante el período de crecimiento de 25 años, seleccionados cuando el valor de **CA** del individuo es mayor que nueve ($CA \geq 9$), por cada clase diamétrica (Cuadro 50). Se observa que los individuos Oprimidos poseen mayores posibilidades de morir y a mayor tamaño del individuo existen menores posibilidades de morir.

Cuadro 50. Tasa de mortalidad (%) por clase diamétrica.

Clases diamétricas (cm)	Ind/ha con posibilidades de morir	Ind/ha por clase diamétrica	% Mortalidad
$\geq 10 < 20$	141	323	8,73
$\geq 20 < 30$	13	95	2,78
$\geq 30 < 40$	2	46	0,71
$\geq 40 < 50$	0	26	0,10
$\geq 50 < 60$	0	13	0,00
$\geq 60 < 70$	0	6	0,44
$\geq 70 < 80$	0	3	0,00
$\geq 80 < 90$	0	2	0,00
90 a +	0	0	0,00

Al considerar la dinámica poblacional de todas las especies, la mortalidad de individuos es mayor en los Oprimidos y de menor tamaño. En los Codominantes y

Dominantes de mayor tamaño, la mortalidad se debe a disturbios naturales o antrópicos (Cuadro 51).

Cuadro 51. Tasa de mortalidad (%) de los individuos por clase diamétrica y posición sociológica.

Posición sociológica	Clases diamétricas							
	≥10<20	≥20<30	≥30<40	≥40<50	≥50<60	≥60<70	≥70<80	≥80 a +
Oprimido	15,95	17,97	27,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Intermedio	13,57	9,36	10,45	17,65	20,00	28,57	0,00	0,00
Codominante	6,73	6,91	7,11	2,44	6,56	4,76	10,00	0,00
Dominante	0,00	7,41	0,00	6,67	5,41	17,39	6,25	0,00

Con los datos de Cuadro 51, se pudo obtener el gráfico de mortalidad (%) de las especies de valor forestal por clase diamétrica en cada posición sociológica. La supervivencia (S) se calculó como 1 menos la mortalidad ($S = 1 - \text{Mortalidad}$), con esta relación se obtiene el gráfico de supervivencia (Figura 26). La supervivencia es mayor en los individuos Codominantes y Dominantes y en general en los individuos con mayor tamaño.

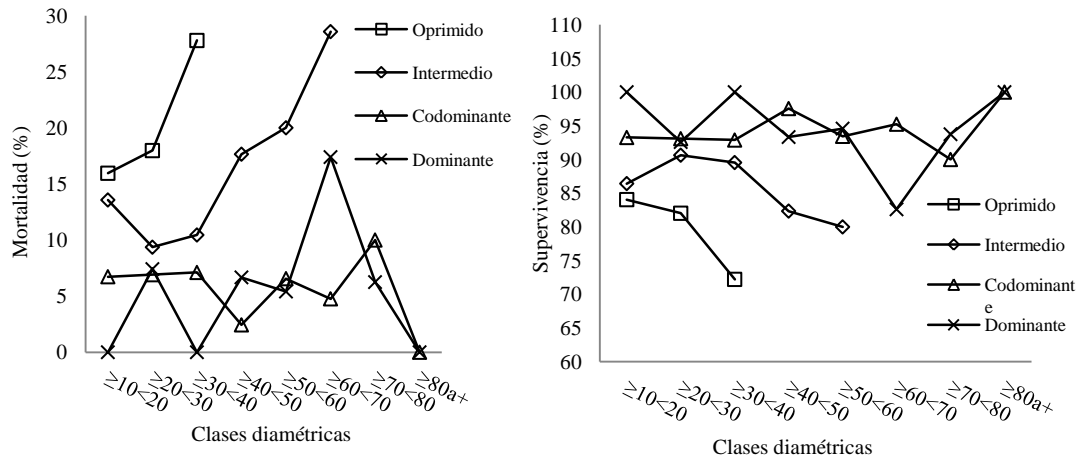


Figura 26. Tasas de mortalidad (%) y supervivencia (%) de los individuos por clase diamétrica y posición sociológica.

De igual forma se estimaron las tasas de mortalidad y supervivencia de las especies de mayor valor forestal (Cuadro 52). La mortalidad se acentúa en los estratos inferiores y a medida que es mayor el tamaño de los individuos disminuye.

Cuadro 52. Tasa de mortalidad (%) de individuos por clase diamétrica y posición sociológica de las especies de mayor valor forestal.

Posición sociológica	Clases diamétricas							
	≥10<20	≥20<30	≥30<40	≥40<50	≥50<60	≥60<70	≥70<80	≥80 a +
Oprimidos	12,9	13,0	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Intermedios	4,5	1,0	8,7	20,0	66,7	33,3	0,0	0,0
Codominantes	4,3	4,0	4,7	1,0	5,0	0,0	16,7	0,0
Dominantes	0,0	4,5	0,0	5,4	8,3	15,4	0,0	0,0

En los estratos superiores la mortalidad es muy baja y por ende alta supervivencia (Figura 27).

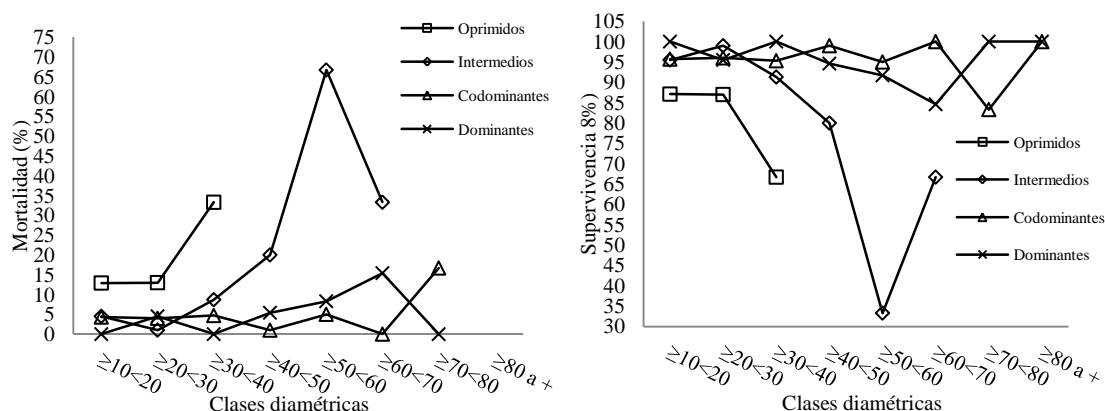


Figura 27. Tasas de mortalidad (%) y supervivencia (%) de los individuos por clase diamétrica y posición sociológica de las especies de valor forestal.

C.3.c. Tránsito de individuos entre clases diamétricas

La mayor proporción de individuos permanecen en la misma clase diamétrica en el período de 5 años (Cuadro 53).

Cuadro 53. Tasas poblacionales (%) de los individuos según clases diamétricas.

	Clases diamétricas								
Tasas (%)	≥10<20	≥20<30	≥30<40	≥40<50	≥50<60	≥60<70	≥70<80	≥80<90	≥90 a +
Mortalidad	14,4	9,9	8,5	6,8	8,0	13,5	7,7	0,0	0,0
Permanencia	43,6	43,0	44,0	46,1	45,3	43,8	41,5	44,0	50,0
Tránsito	5,7	12,0	10,9	6,8	8,0	6,3	17,2	17,6	0,0

Al considerar el tamaño de los individuos la mortalidad tiene una leve tendencia a disminuir al aumentar el tamaño de estos, y en caso opuesto el tránsito de individuos a la clase diamétrica siguiente, aumenta a medida que aumenta el tamaño del individuo (Figura 28).

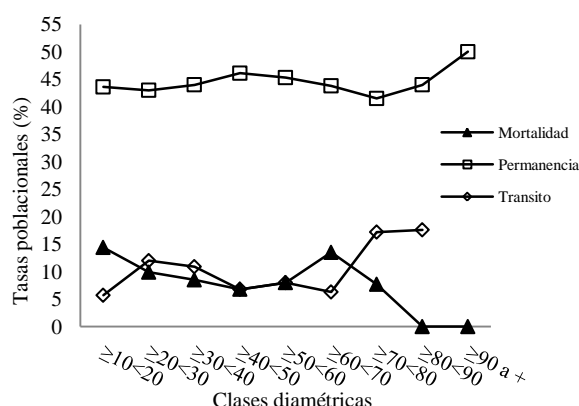


Figura 28. Tasas poblacionales (%) de los individuos según clases diamétricas.

Se generó un modelo donde se represente la estructura y dinámica de la comunidad de individuos. Las cajas representan las distintas clases de tamaño y las flechas las relaciones posibles entre ellas. A partir de la ≥40<50 clase diamétrica los individuos

pueden proveer semilla, que una vez germinadas serán la regeneración posible de ingresar a la clase diamétrica inferior (TI). En el modelo se visualizan las tasas vitales de la dinámica forestal, permanencia (TP) en cada clase diamétrica, tránsito (TT) y mortalidad (TM) de individuos, en el período considerado de 5 años (Figura 29).

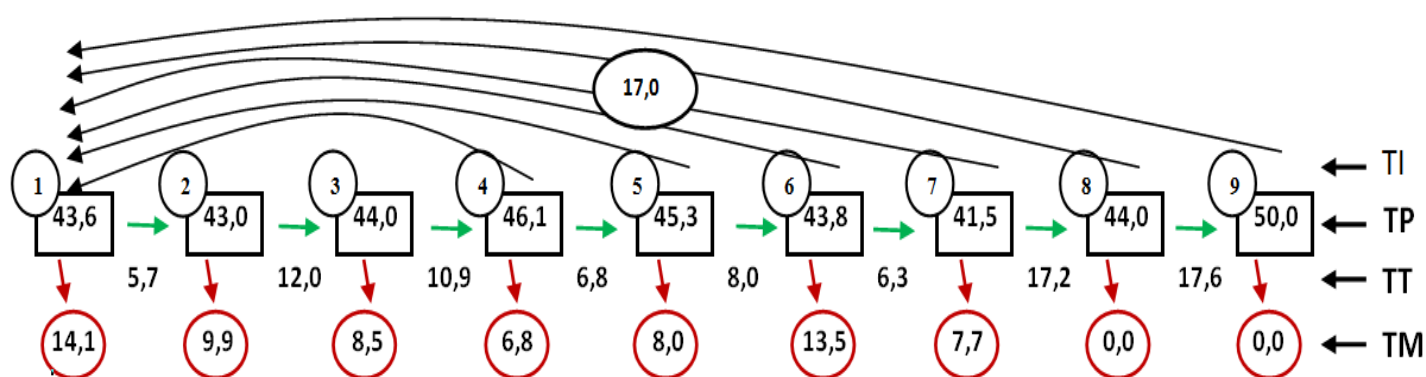


Figura 29. Modelo de estructura, dinámica y tasas poblacionales (%) de las poblaciones de individuos.

Para una mejor interpretación del esquema las clases diamétricas se visualizan en número donde 1: $\geq 10 < 20$, 2: $\geq 20 < 30$, 3: $\geq 30 < 40$, 4: $\geq 40 < 50$, 5: $\geq 50 < 60$, 6: $\geq 60 < 70$, 7: $\geq 70 < 80$, 8: $\geq 80 < 90$ y 9: ≥ 90 a +.

TI: tasa porcentual de individuos que ingresan a la primera clase diamétrica, **TP:** tasa porcentual de individuos que permanecen en la misma clase diamétrica; **TT:** tasa porcentual de individuos de una clase que transita a la próxima clase diamétrica y **TM:** tasa porcentual de individuos que mueren en cada clase diamétrica.

Es importante estimar el efecto de la luz en el pasaje de los individuos (Tasa de tránsito) a la clase diamétrica siguiente en todas las clases (Cuadro 54).

Cuadro 54. Tasas de tránsito (%) de los individuos a la clase diamétrica siguiente en cada estrato social.

Posición sociológica	Clases diamétricas								
	$\geq 10 < 20$	$\geq 20 < 30$	$\geq 30 < 40$	$\geq 40 < 50$	$\geq 50 < 60$	$\geq 60 < 70$	$\geq 70 < 80$	$\geq 80 < 90$	≥ 90 a +
Oprimido	1,57	1,87	7,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Intermedio	7,44	8,10	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Codominante	22,40	19,37	14,78	9,09	6,56	9,09	25,00	23,08	0,00
Dominante	25,00	30,56	11,36	6,67	12,50	5,00	11,76	0,00	0,00

Tasa de tránsito (%): tasa porcentual de los individuos de una clase diamétrica que pasan a la próxima.

Se puede observar que los estratos inferiores tienen un patrón definido, en el que disminuye el pasaje de individuos a medida que aumenta su tamaño. En los estratos superiores el pasaje de los individuos disminuye hasta las clases $\geq 50 < 60$ y $\geq 40 < 50$ en los estratos Codominante y Dominante respectivamente. A partir de dichas clases existe una leve tendencia a aumentar el pasaje de individuos, manifestándose una influencia del tamaño de los individuos y la captación de luz en la copa. (Figura 30).

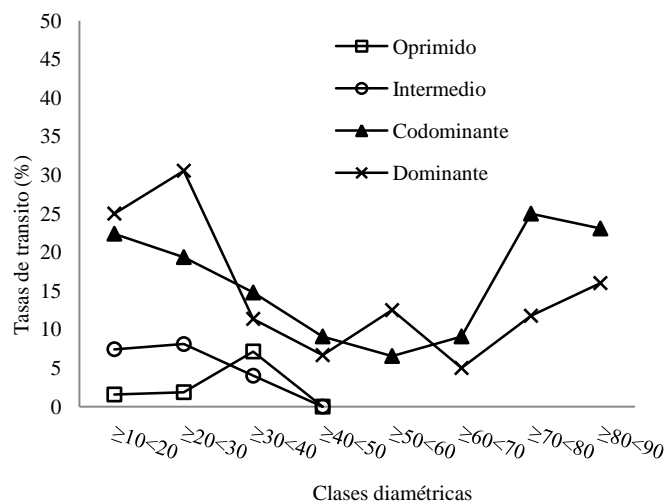


Figura 30. Tasas de tránsito (%) de los individuos por clases diamétricas y posición sociológica.

Otro factor importante a considerar es la competencia expresada como el área basal de los ind./ha presente en cada clase diamétrica. La disminución en el pasaje de individuos en los estratos superiores coincide con los mayores valores del área basal total. Cuando el área basal disminuye se observa un aumento del pasaje de individuos, lo que ocurre en las clases diamétricas mayores. En la Figura 31 se observa que el área basal disminuye a medida que aumenta la clase de tamaño de los individuos, debido a la menor abundancia de individuos.

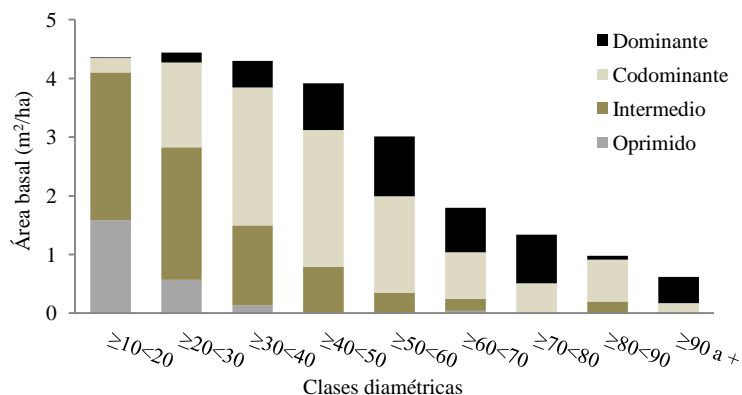


Figura 31. Área basal (m²/ha) por clase diamétrica y posición sociológica.

Si tomamos el área basal correspondiente a cada uno de los 25 cuadrantes (réplicas) en que se divide cada parcela, y se cuenta la cantidad de individuos Codominantes y Dominantes que avanzan a la clase diamétrica siguiente (tasa de tránsito), existe mayor pasaje de individuos a menor ocupación del sitio (m²/ha) (Figura 32). Esta situación puede explicar la influencia de la competencia en el tránsito de individuos en los estratos superiores, donde en el crecimiento diamétrico influyen la capacidad de captar luz y la competencia existente en el rodal.

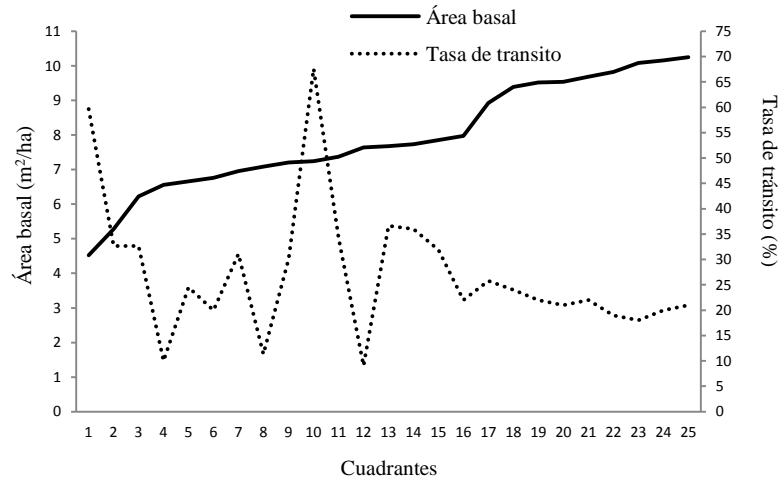


Figura 32. Influencia de la ocupación del sitio (Área basal- m²/ha-) sobre el pasaje de individuos a la clase diamétrica superior (%) del estrato superior.

Si tenemos en cuenta solamente las especies de valor forestal, en los estratos superiores, las tasas de tránsito de individuos entre las clases diamétricas, se comportan de una forma similar. (Cuadro 55).

Cuadro 55. Tasas de tránsito (%) de los individuos a la clase diamétrica siguiente en cada estrato social de las especies de valor.

Posición sociológica	Clases diamétricas							
	≥10<20	≥20<30	≥30<40	≥40<50	≥50<60	≥60<70	≥70<80	≥80 a +
Oprimidos	2,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Intermedios	5,37	1,91	0,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Codominantes	3,83	7,21	4,56	1,76	0,40	0,20	0,20	0,20
Dominantes	0,79	7,41	3,85	2,34	2,34	0,79	0,79	0,00

Los estratos inferiores tienen un patrón definido, en el que disminuye el pasaje de individuos a medida que aumenta el tamaño del individuo, y los estratos superiores tienen un aumento en el pasaje de los individuos en las clases diamétricas superiores que coincide con la disminución del área basal.

El crecimiento diamétrico y el tránsito de las especies está influenciado por la capacidad de captar luz y la competencia intra e interespecífica.

C.4. Variación espacial de la estructura forestal

Los incrementos medios anuales (IMA) de los individuos de mayor valor forestal discriminados en clases de área basal total (m²/ha) muestran diferencias significativas según la ocupación del sitio expresada en área basal total (GT-m²/ha) del rodal.

Los incrementos diamétricos (mm/año) disminuyen al aumentar la ocupación del sitio expresada en área basal total GT (m²/ha) (Figura 33).

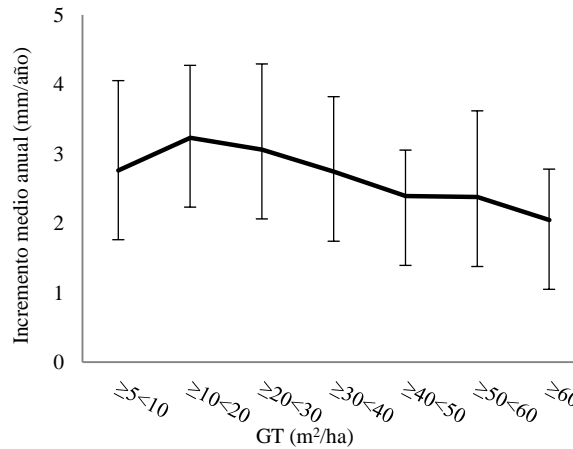


Figura 33. Incrementos medios anuales (mm/año) \pm la desviación estándar según ocupación de sitio expresado en m²/ha.

El modelo desarrollado para explicar la influencia de la ocupación del sitio sobre los incrementos medios anuales (mm/año) de las especies de valor forestal, es un modelo de regresión múltiple en donde se consideró el área basal total (GT-m²/ha) de cada subparcela en la que se dividen los sitios, la posición sociológica de los individuos (PS) y se agregaron variables de carácter cualitativo (dummy), para mejorar el ajuste del modelo, las cuales discriminaron las especies de valor forestal de acuerdo a un gradiente de crecimiento, tomándose esta clasificación para el ajuste del modelo.

El modelo obtenido es:

$$IMA = 0,543 + 0,701 * PS + 3,125 * CR + 0,603 * CL + 1,381 * CI - 0,022 * GT$$

Donde el incremento diamétrico medio anual expresado en mm/año (IMA) de las especies de valor es la variable dependiente y las variables independientes son la posición sociológica de los individuos (PS) donde le corresponde el valor (1) a los árboles oprimidos; el valor (2) a los árboles intermedios; el valor (3) a los árboles codominantes y el valor (4) a los árboles dominantes, el área basal total de la parcela (GT) y las variables dummy *CR* (especies crecimiento rápido), *CI* (especies de crecimiento intermedio) y *CL* (especies de crecimiento lento) de acuerdo al gradiente de crecimiento obtenido en el apartado *Crecimiento de las especies*.

Los estadísticos para evaluar el ajuste del modelo son los siguientes: **R² = 30,01 %**, **Error residual estándar=0,21**, **F=138,72** y **P<0,0001**.

A los efectos prácticos de la aplicación de la ecuación, la estimación del IMA (mm/año) dependerá del tipo de crecimiento de la especie (*CR*, *CI*, *CL*), determinada esta condición el valor es =1, siendo para las dos tipos restantes de crecimiento el valor es =0.

Con la ecuación obtenida se calcularon los incrementos diamétricos medios anuales (mm/año) por clases diamétricas según la variación de la ocupación del sitio, estimada a partir del área basal total (GT- m²/ha) y se construyeron curvas para los individuos de acuerdo a su tipo de crecimiento. Se observa que el incremento diamétrico medio anual de los individuos (mm/año) disminuye al aumentar la ocupación del sitio (Figura 34).

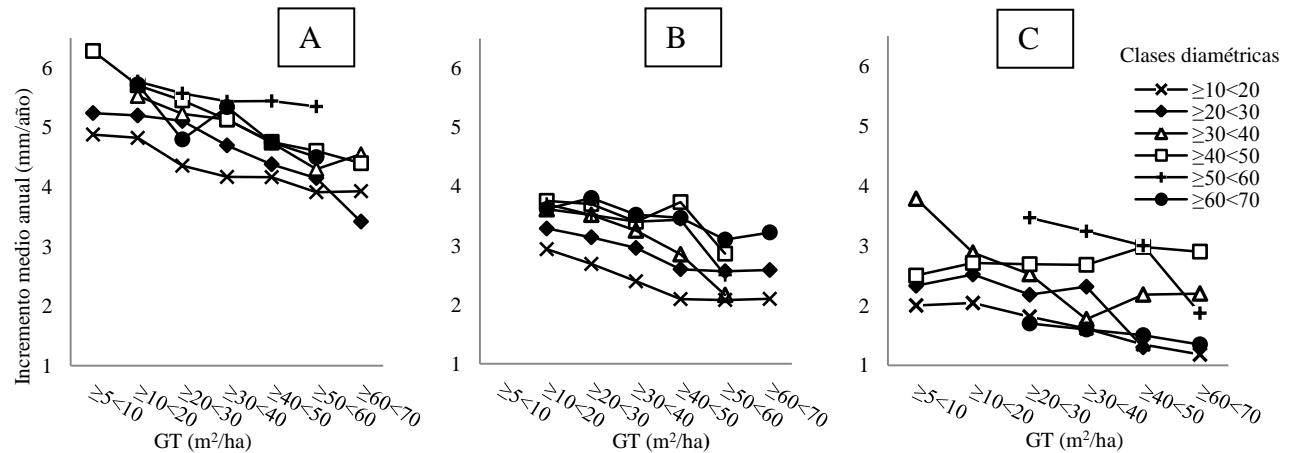


Figura 34. Incrementos diamétricos medios anuales (mm/año) según clases diamétricas en distintas situaciones de ocupación del sitio (área basal total-GT- m²/ha) para cada tipo de crecimiento. A.- crecimiento rápido. B.- crecimiento intermedio. C.- crecimiento lento.

Además se calcularon los incrementos diamétricos medios anuales (mm/año) esperados para la especie según el gradiente de crecimiento, discriminados por la posición sociológica de los individuos ante distintas situaciones de la ocupación del sitio (GT-m²/ha) (Cuadro 56).

Cuadro 56. Incrementos diamétricos medios anuales (mm/año) \pm la desviación estándar estimados según la posición sociológica.

Tipo de crecimiento	Clase GT (m ² /ha)	Posición sociológica			
		Oprimidos	Intermedios	Codominantes	Dominantes
Rápido	$\geq 5 < 10$	0,00	4,88	5,60	6,28
	$\geq 10 < 20$	4,01	4,73	5,43	6,13
	$\geq 20 < 30$	3,84	4,55	5,24	5,94
	$\geq 30 < 40$	3,60	4,32	5,02	5,70
	$\geq 40 < 50$	3,35	4,07	4,73	5,44
	$\geq 50 < 60$	0,00	3,91	4,61	
	$\geq 60 < 70$	3,00	3,66	4,37	4,97
Intermedio	$\geq 5 < 10$	2,29	2,99	3,68	4,36
	$\geq 10 < 20$	2,02	2,78	3,46	4,20
	$\geq 20 < 30$	1,87	2,56	3,24	3,94
	$\geq 30 < 40$	1,59	2,30	2,98	3,71
	$\geq 40 < 50$	1,47	2,17	2,86	0,00
	$\geq 50 < 60$	0,00	1,88	2,56	3,22
	$\geq 60 < 70$	0,00	0,00	0,00	0,00
Lento	$\geq 5 < 10$	0,00	2,33	0,0	3,78
	$\geq 10 < 20$	1,52	2,20	2,91	3,61
	$\geq 20 < 30$	1,30	2,03	2,72	3,45
	$\geq 30 < 40$	1,08	1,78	2,49	3,19
	$\geq 40 < 50$	0,81	1,51	2,23	2,98
	$\geq 50 < 60$	0,00	1,18	1,87	0,00
	$\geq 60 < 70$	0,00	0,00	0,00	0,00

Se obtuvo una ecuación lineal que ajusta los pares de valores de área basal total (GT m²/ha) sobre la mortalidad.

$$y = -1,3433x + 23,06$$

Donde: y es la tasa de mortalidad expresada en (%) y x es el área basal del sitio expresada en m^2/ha .

Para evaluar el ajuste del modelo a ensayar se utilizó el coeficiente de determinación (R^2);

$$R^2 = 42,64 \%$$

Con la ecuación obtenida se calcularon las tasas de mortalidad estimadas para distintas situaciones de ocupación de sitio expresada en área basal total (m^2/ha) (Cuadro 57), donde se muestra que la mortalidad aumenta con la ocupación del sitio ($GT-m^2/ha$)

Cuadro 57. Tasas de mortalidad (%) estimadas según el área basal (m^2/ha) del sitio.

Área basal total (m^2/ha)	Mortalidad (%)
30	17,69
28	15,00
26	12,31
24	9,63
22	6,94
20	4,25
18	1,57
≥ 16	1,00

La relación entre la ocupación del sitio expresada en el área basal total ($GT-m^2/ha$) sobre la incorporación de individuos a la primera clase diamétrica se ajusta con una ecuación logarítmica:

$$y = -5,324 \times \ln(x) + 17,591$$

Donde: y es la tasa de mortalidad expresada en (%) y x es el área basal del sitio expresada en m^2/ha .

Para evaluar el ajuste del modelo a ensayar se utilizó el coeficiente de determinación (R^2);

$$R^2 = 55,07 \%$$

Con la ecuación obtenida se calcularon las tasas de incorporaciones estimadas para distintas situaciones de ocupación de sitio expresada en área basal total (m^2/ha) (Cuadro 58), donde se muestra que la incorporación de nuevos individuos se reduce al aumentar la ocupación del sitio (m^2/ha).

Cuadro 58. Tasas de incorporaciones (%) estimadas según el área basal total (m²/ha) del sitio.

Área basal total (m ² /ha)	Incorporaciones (%)
4	10,21
6	8,05
8	6,52
10	5,33
12	4,36
14	3,54
16	2,83
18	2,20
20	1,64
22	1,13
24	1,00
26	1,00
28	1,00
30	1,00

C.5. Modificaciones sobre turno de corta

El modelo mixto que expresa la respuesta del incremento diametral medio de las especies de valor forestal a la variación de la densidad de las especies no maderables en rodal es:

$$IMA = (-0,06653 + (1,3733 * GCSP) + (-0,0009 * DAP) + (-0,0002 * DAP^2) + (0,8686 * PS) + (-0,0324 * GT) + (-0,0012 * DNM)) + Sitio$$

Donde el incremento diamétrico medio anual expresado en mm/año (IMA) de las especies de valor es la variable dependiente: las variables efectos fijos son el gradiente de crecimiento (GCSP) de especies, donde las especies de valor se discriminaron en tres tipos: CR (crecimiento rápido) dándoles un valor de (3); CI (crecimiento intermedio) dándoles un valor de (2); y CL (crecimiento lento) dándoles un valor de (1) (ver *Crecimiento de las especies*); el diámetro altura al pecho (DAP), el valor del diámetro altura al pecho al cuadrado (DAP²), la posición sociológica (PS), el área basal total del rodal expresada en m²/ha (GT) y la densidad de las especies no maderables expresada en ind./ha (DNM); y como efecto aleatorio se emplearon los sitios o parcelas (Abra grande, Aibal, Candado Chico, San Martín, Tabacal, Tecpetrol, Valle Morado y Yuchán).

Los estadísticos para evaluar el ajuste del modelo son los siguientes: **R² = 34,51 %**, **Error residual estándar=1,28**, **F=628,80** y **P<0,0001**.

Para Abra Grande el valor de la variable aleatoria fue 0,4144, para Aibal fue -0,2904, para Candado Chico fue 1,6417, para San Martín fue -0,5109, para Tabacal fue -0,3458, para Tecpetrol fue -0,0945, para Valle Morado fue -0,7789 y para Yuchán fue -0,0356.

La aplicación del modelo se realizó para las especies de valor clasificadas según su crecimiento y en las parcelas donde se registraron los mayores incrementos diamétricos (Candado Chico) y donde se registraron los menores incrementos (Valle Morado).

Tanto en Candado Chico como en Valle Morado el incremento diametral de las especies de valor forestal tiende a disminuir con el aumento de la densidad de las especies

no maderables (ind./haNM) en el rodal, en todos los estratos sociales y en los distintos tipos de especies (CL, CI y CR) (Figura 35) (Figura 36).

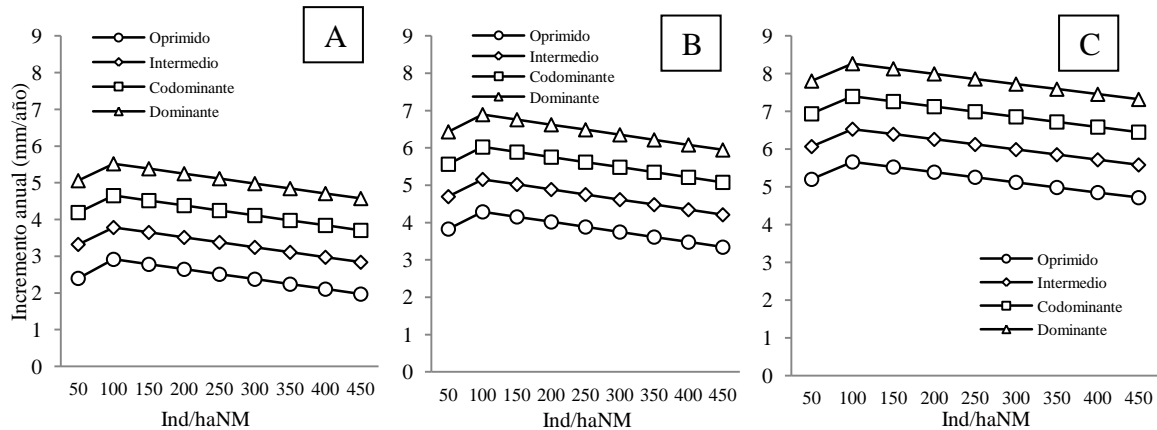


Figura 35. Incrementos anuales (mm/año) de las especies de valor forestal según la posición sociológica en distintas situaciones de ocupación del sitio (ind./haNM) en Candado Chico. A. Especies de crecimiento lento (CL) B.-Especies de crecimiento intermedio (CI). C.-Especies de crecimiento rápido (CR).

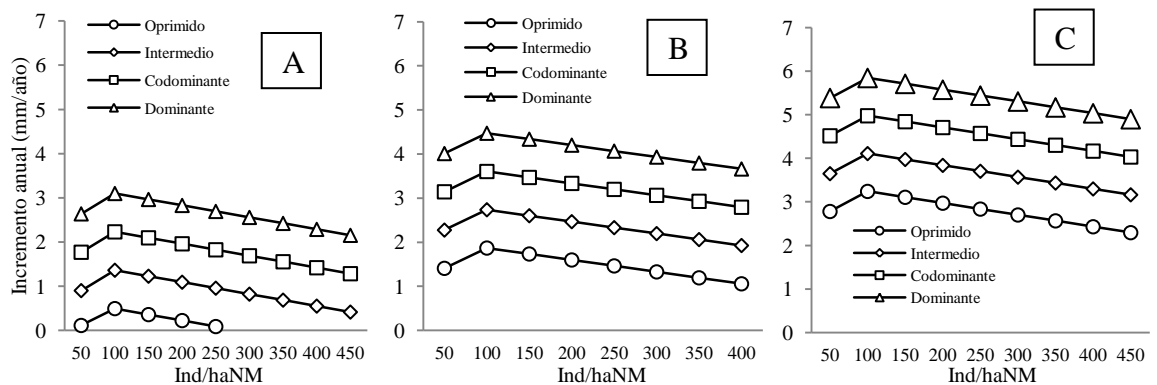


Figura 36. Incrementos anuales (mm/año) de las especies de valor forestal según la posición sociológica en distintas situaciones de ocupación del sitio (ind./haNM) en Valle Morado. A. Especies de crecimiento lento (CL) B.-Especies de crecimiento intermedio (CI). C.-Especies de crecimiento rápido (CR).

Con la ecuación se estimaron los turnos de corta (años) que se obtienen al reducir la densidad de las especies no maderables (ind./haNM), de acuerdo al gradiente de crecimiento (CL, CI y CR) y la posición sociológica de los individuos de valor forestal, para Candado Chico (Cuadro 59) y para Valle Morado (Cuadro 60). En todos los casos los años del turno de corta se reducen al disminuir la densidad de las especies no maderables en el rodal, siendo más efectivo en los individuos de especies de crecimiento rápido con posición de copa Dominante.

Cuadro 59. Turno de corta (años) de las especies de valor forestal según la posición sociológica a distintas cantidades de individuos no maderables (ind./haNM) en Candado Chico.

Gradiente	Ind./haNM	Estrato social			
		Oprimido	Intermedio	Codominante	Dominante
CL	50	146	105	83	69
	100	120	92	75	63
	150	126	96	77	65
	200	132	100	80	67
	250	139	104	82	68
	300	147	108	85	70
	350	156	113	88	72
	400	166	118	91	74
	450	178	123	94	77
CI	50	91	75	63	54
	100	82	68	58	51
	150	84	70	59	52
	200	87	72	61	53
	250	90	74	62	54
	300	93	76	64	55
	350	97	78	65	56
	400	101	81	67	58
	450	105	83	69	59
CR	50	67	58	50	45
	100	62	54	47	42
	150	63	55	48	43
	200	65	56	49	44
	250	67	57	50	45
	300	68	58	51	45
	350	70	60	52	46
	400	72	61	53	47
	450	74	63	54	48

Gradiente de crecimiento de especies: CL (crecimiento lento), CI (crecimiento intermedio) y CR (crecimiento rápido)

Cuadro 60. Turno de corta (años) de las especies de valor forestal según la posición sociológica a distintas cantidades de individuos no maderables (ind./haNM) en Valle Morado.

		Estrato			
Gradiente	Ind./haNM	Oprimido	Intermedio	Codominante	Dominante
CL	50	608	387	198	133
	100	705	256	157	113
	150	968	285	167	118
	200	1546	320	178	124
	250	3840	365	192	130
	300	0	425	207	137
	350	0	508	225	144
	400	0	632	246	153
	450	0	836	272	162
CI	50	248	154	111	87
	100	187	128	97	78
	150	202	134	101	81
	200	219	142	105	83
	250	239	150	109	86
	300	263	159	114	89
	350	293	170	119	92
	400	331	182	125	96
	450	379	195	132	99
CR	50	126	96	77	65
	100	108	85	70	60
	150	113	88	72	61
	200	118	91	74	63
	250	123	94	77	64
	300	130	98	79	66
	350	136	102	81	68
	400	144	106	84	70
	450	152	111	87	71

Gradiente de crecimiento de especies: CL (crecimiento lento), CI (crecimiento intermedio) y CR (crecimiento rápido)

Con los turno de corta obtenidos con una densidad de 100 ind./ha de especies no maderables, se obtiene el mayor incremento diametral de las especies de valor, según cada tipo de crecimiento para cada tipo de crecimiento (CL, CI, y CR), corresponde para Candado Chico y Valle Morado (Figura 35 y Figura 36), se realizó el test de análisis de la varianza y el análisis comparación de medias (Tuckey, $\alpha=0,05$). Se observan diferencias en el turno de corta para las especies de crecimiento intermedio (CI) y para las especies de crecimiento lento (CL), no así para las especies de crecimiento rápido (CR) (Cuadro 61). La reducción de la densidad de las especies no maderables produce aumentos en el IMA de las especies de valor forestal, pero estos solamente logran reducir los años del turno de corta en las especies de crecimiento lento y intermedio y no para las especies de rápido crecimiento.

Cuadro 61. Comparación entre sitios de los turnos de corta (años) \pm desviación estándar de las especies de valor según gradiente de crecimiento.

Gradiente de crecimiento	Sitios	Turno de corta
CI	Valle Morado	81 \pm 15a
	Parcelas	65 \pm 13a b
	Candado Chico	52 \pm 11 b
CL	Valle Morado	118 \pm 20a
	Parcelas	112 \pm 25a
	Candado Chico	65 \pm 6 b
CR	Valle Morado	61 \pm 10a
	Parcelas	43 \pm 14a
	Candado Chico	43 \pm 1a
F	4,13	
P	<0,001	

Medias: valor de media aritmética \pm la desviación estándar de los incrementos medios diamétricos (mm/año) **F:** estadístico calculado, **p:** grado de significación estadística ($p < 0,05$), letras distintas indica diferencias estadísticamente significativas. **Parcela:** valor de la media \pm desviación estándar de los turnos de corta de con una densidad de 100 ind./ha de especies no maderables del total de las parcelas.

La ecuación de lineal que relaciona la ocupación en el rodal (m^2/ha) que le corresponde a los individuos de las especies no maderables por ha es:

$$y = 21,282x + 65,808$$

Donde: Y es la cantidad de individuos no maderables en la hectárea y X el área basal (m^2/ha)

Para evaluar el ajuste del modelo a ensayar se utilizó el coeficiente de determinación (R^2);

$$R^2 = 93,32 \%$$

En el Cuadro 62 se registra la cantidad de individuos no maderables correspondiente a distintos a cantidades de área basal (m^2/ha). Es importante este concepto en pos de generar raleos basados en la cantidad de área basal remanente que se dejan en el rodal.

Cuadro 62. Cantidad de individuos no maderables correspondiente a distintos niveles de área basal (m^2/ha).

Individuos no maderables	Área basal (m^2/ha)
50	1
100	2
150	4
200	6
250	9
300	11
350	13
400	16
450	18

C.6. Proyección de la estructura forestal

Con la ecuación de crecimiento, la estimación de la masa incorporada y de la mortalidad probable, se aplicaron para el período de crecimiento definido de 25 años, el que se considera válido asumir que se mantiene el comportamiento de las variables estudiadas.

La proyección del desarrollo y producción del bosque se efectuó analizando el efecto que tiene cada uno de los componentes del crecimiento sobre la distribución diamétrica, el área basimétrica y el volumen asociado a la misma. Como principal referencia para contrastar los resultados, se tomaron las características estructurales definidas en este trabajo, cuyos parámetros se describen en el Cuadro 63.

Cuadro 63. Parámetros estructurales característicos de la Selva Pedemontana de las Yungas.

Clases diamétricas	Ind./ha no maderables	Ind./ha maderables	Área basal (m²/ha) no maderables	Área basal (m²/ha) maderables	Volumen (m³/ha) maderables
≥10<20	191	94	2,81	1,55	7,91
≥20<30	40	55	1,82	2,62	15,35
≥30<40	14	32	1,27	3,03	18,20
≥40<50	6	19	0,98	2,94	19,20
≥50<60	5	8	1,07	1,94	12,85
≥60<70	2	3	0,72	1,08	7,10
≥70<80	2	2	0,68	0,66	3,00
≥80	2	1	1,09	0,50	2,15
Total	261	214	10,44	14,32	85,76

C.6.a. Proyección del rodal sin intervención

C.6.a.1. Proyección de la distribución diamétrica

Los cambios proyectados para la distribución diamétrica del rodal en el período de 25 años, es el resultado del crecimiento diamétrico de los individuos, incorporación de nuevos individuos a la primer clase diamétrica y la tasa de mortalidad probable en el período determinado (25 años). La proyección de la evolución del rodal sin intervenciones demuestra una disminución de individuos, una pérdida de 61 ind./ha de los cuales la mayoría corresponden a especies no maderables pertenecientes a las primeras clases diamétricas (Cuadro 64).

Cuadro 64. Cambios estructurales del rodal en un período de 25 años (2003 a 2028) según el valor de las especies y las clases diamétricas.

Valor	Clases diamétricas	Años					
		2003 Ind./ha	2008 Ind./ha	2013 Ind./ha	2018 Ind./ha	2023 Ind./ha	2028 Ind./ha
No maderables	≥10<20	191	146	116	106	100	96
	≥20<30	40	37	32	28	25	21
	≥30<40	14	16	17	17	15	16
	≥40<50	6	7	7	8	9	9
	≥50<60	5	5	6	5	5	5
	≥60<70	2	2	2	3	3	3
	≥70<80	2	2	2	2	2	2
	≥80 o +	2	2	2	2	2	2
Maderables	≥10<20	94	84	83	85	93	100
	≥20<30	55	54	50	47	44	55
	≥30<40	32	33	35	36	38	46
	≥40<50	19	20	22	24	25	33
	≥50<60	8	9	9	9	9	12
	≥60<70	3	4	5	6	7	8
	≥70<80	2	2	2	3	2	2
	≥80	1	1	1	1	4	4
Total		475	423	390	382	383	414

Los cambios proyectados del rodal es el resultado del crecimiento diamétrico de los individuos, de las incorporaciones de nuevos individuos a la primera clase diamétrica y la tasa de mortalidad probable en el período determinado (25 años).

Las curvas de distribución de los individuos por clases diamétricas obtenidas para los años establecidos se puede observar en la Figura 37. Los cambios en la distribución diamétrica se deben principalmente al crecimiento diamétrico de los individuos, ocurriendo el paso de los mismos desde las clases inferiores hacia las clases intermedias. Esto genera una disminución en el número de individuos en la primer y segunda clase. Las clases de acumulación son la tercera y la cuarta, debido a un menor pasaje de individuos hacia las clases superiores.

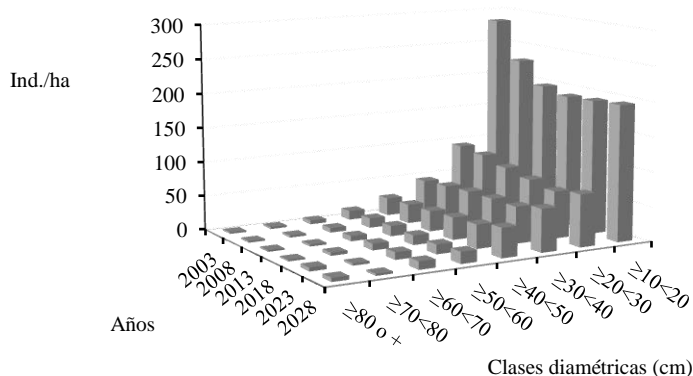


Figura 37. Distribuciones de clases diamétricas proyectadas.

C.6.a.2 Crecimiento del área basimétrica

El crecimiento acumulado en el período determinado puede ser observado con la evolución del área basal (m^2/ha) del rodal y la diferencia de área basal entre años, y su acumulación entre ellos. El aumento proyectado en los 25 años es de aproximadamente 7

m^2/ha . Debido a la longevidad, al escaso crecimiento diamétrico y la baja mortalidad de los individuos de las clases superiores y en general a la ausencia de disturbios. Se crean clases de acumulación de individuos que se ve representada por un aumento del área basal de las clases intermedias (Figura 38).

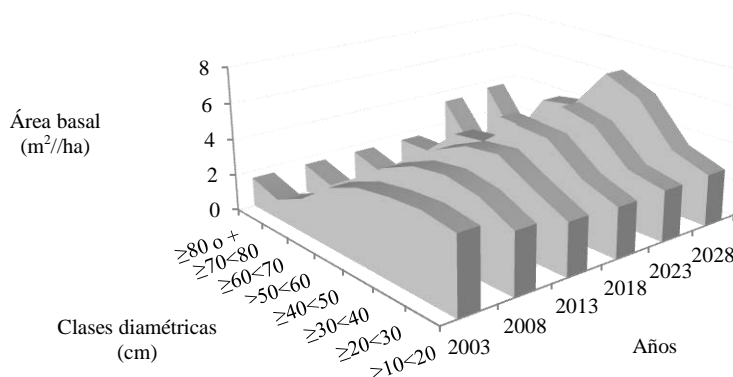


Figura 38. Evolución del área basal (m^2/ha) en el período determinado.

C.6.a.3. Crecimiento del Volumen

La productividad y sustentabilidad del rodal se estimó con la evolución del volumen en las distintas clases diamétricas; solo se consideraron las especies de valor forestal. Se manifiesta un aumento de 43,2 y 34,8 m^3/ha en el volumen total y aprovechable respectivamente. Esto demuestra la dominancia, crecimiento y baja mortalidad de las especies maderables en las clases diamétricas superiores (Cuadro 65).

Cuadro 65. Evolución del volumen de las especies de valor en el período determinado.

	Años					
	2003	2008	2013	2018	2023	2028
Clases diamétricas	Volumen (m^3/ha)	Volumen (m^3/ha)	Volumen (m^3/ha)	Volumen (m^3/ha)	Volumen (m^3/ha)	Volumen (m^3/ha)
$\geq 10 < 20$	7,8	6,9	6,9	7,0	7,7	8,3
$\geq 20 < 30$	15,1	14,8	13,7	12,9	12,0	15,1
$\geq 30 < 40$	18,1	18,7	19,8	20,4	21,5	26,1
$\geq 40 < 50$	18,3	19,3	21,2	23,1	24,0	31,7
$\geq 50 < 60$	12,8	14,4	14,4	14,4	14,4	19,0
$\geq 60 < 70$	6,8	8,8	10,9	12,9	14,9	16,9
$\geq 70 < 80$	5,1	5,1	5,1	6,8	10,3	10,3
Total	84,1	88,1	92,0	97,5	104,9	127,3
Diferencia Volumen		4,0	3,9	5,5	7,4	22,4
volumen aprovechable	43,1	47,6	51,6	57,2	63,6	77,9

En la Figura 39 se observa que el volumen aprovechable acumulado por las especies de valor en el período considerado es de 34,8 m^3/ha y la reserva de volumen que genera esa acumulación es de 43 m^3/ha , lo que significa un incremento anual de 1,39 $\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$.

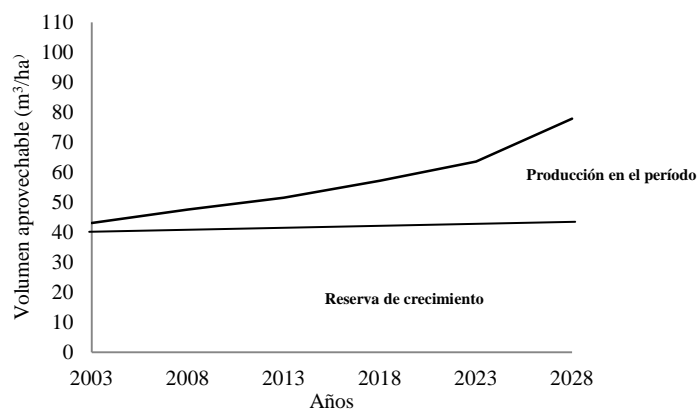


Figura 39. Volumen aprovechable (m³/ha) acumulado de las especies de valor en el período considerado.

Reserva de crecimiento: es el capital biológico de producción que queda posterior al turno de corta que inicia un ciclo de producción. Esta reserva crece durante los años del ciclo, al final del cual se corta la parte comercial de ese crecimiento (Araujo, 2005).

C.6.b-Proyección bajo distintas situaciones de manejo forestal

Para un mejor entendimiento, se describen los tipos de tratamientos: a. tratamiento de liberación (raleo en el rodal del 2003 de los individuos oprimidos en todas las clases diamétricas) y b.- aprovechamiento según diámetro mínimo de corta (DMC) (extracción de todos los individuos de valor forestal que cumplan con el diámetro mínimo de corta, correspondiente a cada especie. Existiendo un DMC para cada tipo de especie-Cuadro 2-).

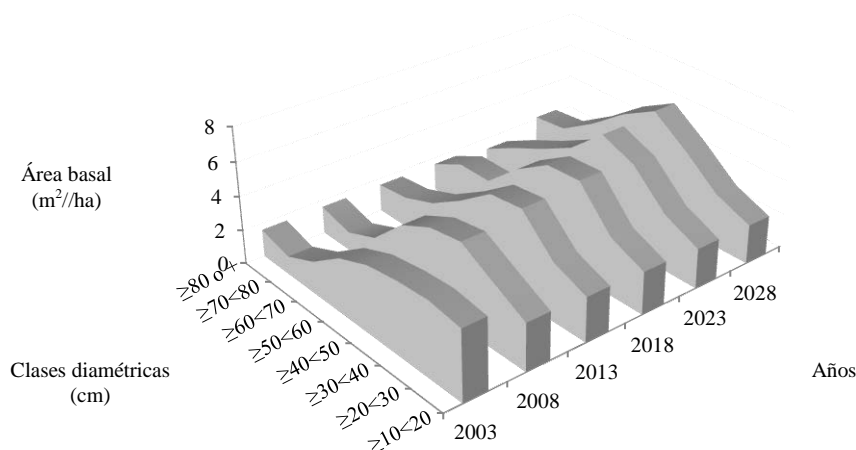
C.6.b.1. Rodal bajo tratamiento silvícola de liberación

La proyección de la distribución diamétrica del rodal luego de un tratamiento silvicultural de liberación se observa en el Cuadro 66. Existe una disminución constante de individuos en las clases diamétricas inferiores. El ingreso de nuevos individuos a la primer clase no logra reemplazar los individuos raleados al inicio del período, resultando en una disminución de 169 ind./ha en el rodal, en los 25 años proyectados. Esta disminución corresponde a individuos no maderables y maderables de las clases diamétricas inferiores.

Cuadro 66. Evolución estructural del rodal intervenido.

Valor	Clases diamétricas	Años					
		2003 Ind./ha	2008 Ind./ha	2013 Ind./ha	2018 Ind./ha	2023 Ind./ha	2028 Ind./ha
No maderables	≥10<20	191	86	70	57	49	44
	≥20<30	40	28	24	23	21	18
	≥30<40	14	14	16	17	15	13
	≥40<50	6	6	7	8	9	10
	≥50<60	5	5	4	5	5	6
	≥60<70	2	2	3	2	3	4
	≥70<80	2	2	3	4	3	3
	≥80 o +	2	2	2	2	1	2
Maderables	≥10<20	94	66	73	79	78	80
	≥20<30	55	46	42	42	42	42
	≥30<40	32	31	33	34	32	30
	≥40<50	19	21	23	24	26	26
	≥50<60	8	9	10	11	11	13
	≥60<70	3	3	4	5	6	6
	≥70<80	2	2	3	4	5	5
	≥80 o +	1	1	1	1	2	3
Total		475	324	318	318	309	306

En la evolución del área basal en el período de 25 años posterior al tratamiento de liberación, se observa una gran acumulación en las clases intermedias y superiores, principalmente debido al pasaje de individuos proveniente de las clases inferiores y intermedias. La acumulación en el período es de 4,60 m²/ha siendo esta acumulación a partir de la 4^o clase diamétrica, manifestada por el crecimiento diamétrico de los individuos en estas clases debido a la reducción de la competencia que genera el tratamiento de liberación (Figura 40).

**Figura 40.** Evolución del área basal (m²/ha) en el rodal intervenido.

La variación del volumen aprovechable de las especies de valor forestal evidencia un aumento con respecto a la situación original de 42,23 m³/ha, lo que corresponde a un incremento de volumen anual de 1,69 m³/ha/año (Figura 41).

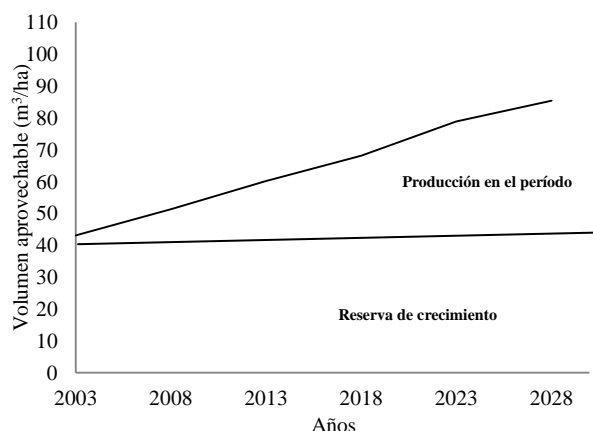


Figura 41. Volumen aprovechable (m^3/ha) acumulado de las especies de valor en el rodal intervenido.

C.6.b.2. Rodal bajo aprovechamiento según DMC

La segunda situación estructural consiste en un aprovechamiento según diámetro mínimo de corta (DMC) de los individuos de valor forestal. En el Cuadro 67 se observa la evolución del rodal según los individuos por clases diamétricas. Este disturbio antrópico genera una disminución en el período de 143 ind./ha, donde las mayores pérdidas ocurren en las clases diamétricas inferiores de las especies no maderables. En tanto que en iguales clases, las especies maderables no tienen una gran fluctuación, pues este manejo favorece la instalación e ingreso de nuevos individuos a la primera clase diamétrica.

Cuadro 67. Evolución estructural del rodal intervenido según DMC.

Valor	Clase diamétrica	Años					
		2003 Ind./ha	2008 Ind./ha	2013 Ind./ha	2018 Ind./ha	2023 Ind./ha	2028 Ind./ha
No maderables	$\geq 10 < 20$	191	148	119	94	75	63
	$\geq 20 < 30$	40	38	39	34	29	28
	$\geq 30 < 40$	14	12	14	16	16	16
	$\geq 40 < 50$	6	8	8	8	10	11
	$\geq 50 < 60$	5	5	6	7	8	9
	$\geq 60 < 70$	2	3	4	4	4	5
	$\geq 70 < 80$	2	2	2	3	3	3
	≥ 80 o +	2	2	2	2	3	4
Maderables	$\geq 10 < 20$	94	88	86	85	84	86
	$\geq 20 < 30$	55	50	51	52	52	51
	$\geq 30 < 40$	32	30	30	30	29	28
	$\geq 40 < 50$	19	7	12	16	16	16
	$\geq 50 < 60$	8	0	1	3	7	10
	$\geq 60 < 70$	3	0	0	0	1	2
	$\geq 70 < 80$	2	0	0	0	0	1
	≥ 80 o +	1	0	0	0	0	0
Total		475	392	373	353	336	332

La evolución del área basal en el período de 25 años posterior al aprovechamiento de las especies de valor se observa en la Figura 42. Existe una disminución del área basal en

las clases diamétricas inferiores y no existen clases de acumulación. En el período hay una pérdida de $1,75 \text{ m}^2/\text{ha}$.

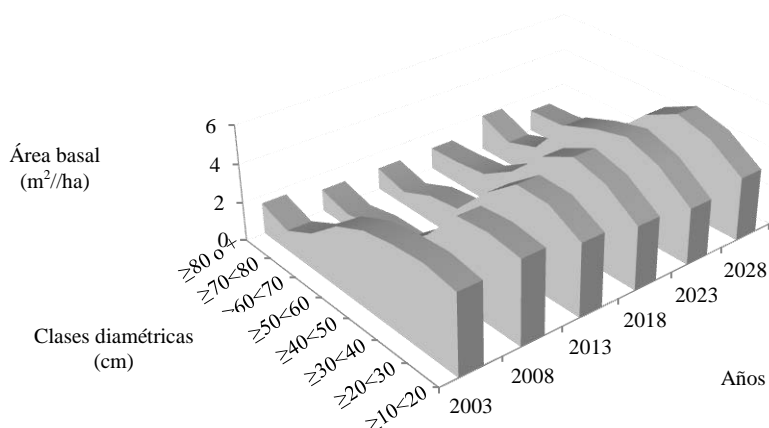


Figura 42. Evolución del área basal (m^2/ha) en el rodal intervenido según DMC.

El volumen aprovechable de las especies de valor forestal intervenido con un aprovechamiento según DMC evidencia que en el período de 25 años no logra recuperar el nivel inicial de la situación original. Existe un déficit de **$5,09 \text{ m}^3/\text{ha}$** de volumen aprovechable al final del período (Figura 43).

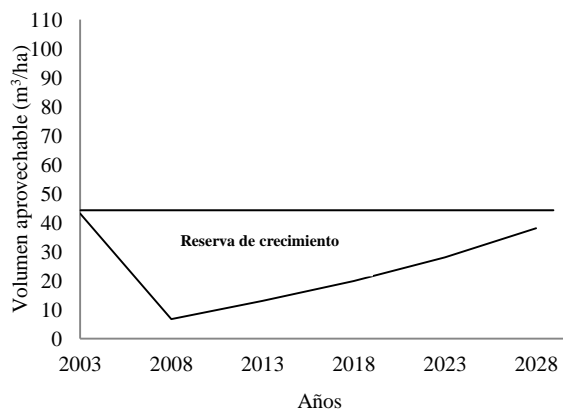


Figura 43. Volumen aprovechable (m^3/ha) acumulado de las especies de valor en el rodal intervenido según DMC.

C6.b.3. Comparación entre el rodal sin manejo, rodal liberado y rodal aprovechado según DMC.

En la Figura 44 se compara la evolución del rodal inicial en 2003 (año de la primera medición) en el período de 25 años, en las situaciones ya tratadas, sin intervención (rodal no intervenido), con un tratamiento silvicultural de liberación (rodal liberado) y con un aprovechamiento según DMC (rodal aprovechado). Las mayores diferencias se concentran en las clases diamétricas inferiores e intermedias. El rodal liberado favorece el crecimiento diamétrico de los individuos, por ende el pasaje de individuos a las clases superiores y el rodal aprovechado favorece el ingreso de individuos a la primera clase diamétrica

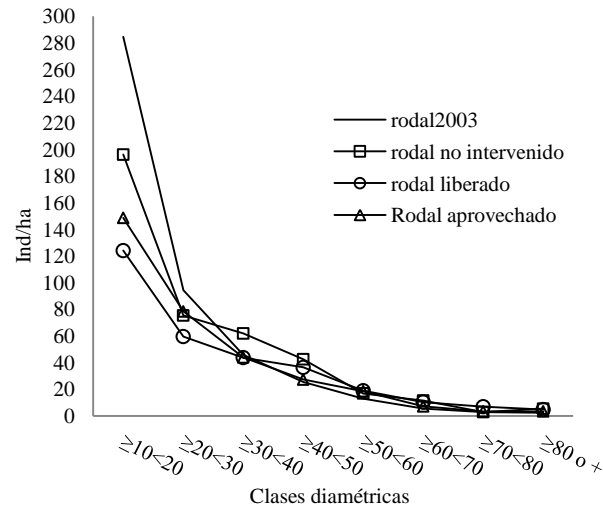


Figura 44. Comparación estructural del rodal original según distintas situaciones de manejo.
Rodal 2003: representan los datos observados en la primera medición de los individuos del bosque.

Para estimar la evolución del volumen aprovechable del rodal, según distintas situaciones de manejo se generó la Figura 45.

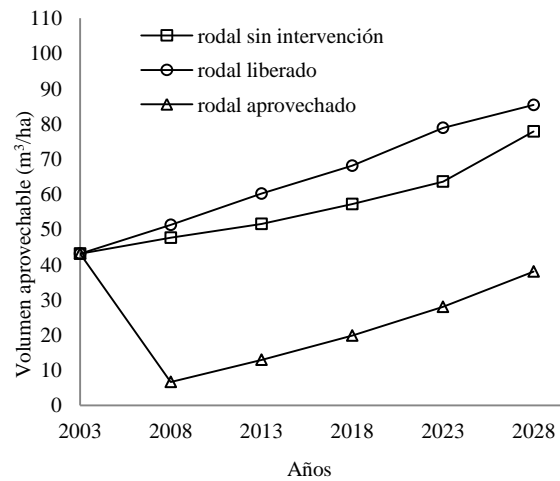


Figura 45. Evolución del volumen aprovechable (m^3/ha) según distintas situaciones de manejo.

D. DISCUSIÓN

D.1. Composición florística y estructura forestal

De acuerdo a la composición florística arbórea y los datos estructurales obtenidos que determinan la predominancia por abundancia y dominancia de *C. multiflorum* y *P. rhamnoides*, las parcelas se encuentran en el llamado distrito de la Selva Pedemontana de Yungas, comunidad climática Selva de Palo Blanco y Palo Amarillo (Cabrera 1976). La dominancia, en las parcelas es mayor en *A. colubrina var cebil*, *P. rhamnoides*, *T. hieronymi*, *P. excelsa* y *C. multiflorum* (Brown y Pacheco 2006). Según la SAyDS (2005), se reconocen dos fases dentro de la comunidad de Selva de Palo Blanco y Palo Amarillo, una húmeda y otra seca o de transición con el Chaco. Teniendo en cuenta la composición florística arbórea y los datos de precipitaciones de 900 mm anuales del sitio, es válido afirmar que estas parcelas pertenecen a la fase húmeda dentro de esta comunidad.

Los datos obtenidos de riqueza específica de 39 ± 8 especies/ha, abundancia de 475 ± 78 ind./ha y área basal de $24,76 \pm 3,54$ m²/ha son los correspondientes a la Selva Pedemontana de las Yungas, los cuales con respecto a la abundancia obtenida es un dato sustancialmente mayor que la propuesta por otra bibliografía, por ejemplo 318 ind./ha (Ayarde 1995), 350 ind./ha (SRNyDS 1998), 344 ind./ha (SAyDS 2005), 401 ind./ha (Del Castillo et al. 2002) y 473 ind./ha (Brown y Pacheco 2006), pero similar al propuesto por Malizia (2004) de 478.3 ± 82.6 ind./ha. Con respecto al área basal, según la fuente que se use es mayor, 15,3 m²/ha (SRNyDS 1998; SAyDS 2005), menor 31 m²/ha (Ayarde 1995), o similar 25,7 m²/ha (Brown y Pacheco 2006; Malizia et al. 2006), a los presentados en esta tesis. La riqueza específica, por otra parte, es similar a la obtenida por Ayarde (1995) de 41 ind./ha, por la SRNyDS (1998) de 38 ind./ha y por Brown y Pacheco (2006) de 39 ind./ha.

En el inventario de la composición arbórea aparecen elementos del Bosque chaqueño como *S. haenkeana* (horco quebracho) y *C. paraguariensis* (guayacán) (Cabrera 1976; Brown et al. 2002; POT 2007), con una abundancia de 4,88 ind./ha y 1,13 ind./ha respectivamente, lo que podría manifestar el rol dispersor de las aves en sus movimientos migratorios o debido a sus desplazamientos diarios (POT 2007; PMPNC 2009).

Si se compara la abundancia con otras formaciones boscosas del país, la selva estudiada posee mayor cantidad de ind./ha que otros biomas disetáneos como la Selva Misionera y el Bosque Chaqueño, que poseen en promedio 300 ind./ha y 150 ind./ha respectivamente. A su vez, se aproxima a la abundancia de los Bosques Andinos Patagónicos (SRNyDS 1998; SAyDS 2005) (Cuadro 69).

Cuadro 68. Datos de existencias, área basal y volumen por Regiones y estratos.

REGIÓN	ESTRATO	Ind./ha	Área Basal* (m2/ha)	Volumen** (m3/ha)	Volumen total ** (miles de m3)
Selva Misionera	Selva protegida del Parque Iguazú	301	25	214	8,613
	Selva de cobertura cerrada	334	24,3	211	23,663
	Selva de cobertura variable	296	19	163	111,797
	Selva de cobertura abierta	299	17,1	147	11,157
Selva tucumano boliviana	Selva de transición	344	15,3	98	175,285
	Selva Montana	297	18,2	121	141,365
	Bosque Montano	345	15,1	77	59,245
Parque Chaqueño	Quebrachal	183	6,9	31	503,057
	Bosque alto	151	6,6	31	77,853
	Bosque ribereño	98	7,5	34	6,230
	Parque chaqueño	148	9,1	48	117,658
Bosque Andino Patagónico	Bosque de Lengua	381	41,2	487	496,255
	Bosque de Ciprés	548	22	130	12,267
	Bosque de Coihue	249	44	606	115,519
	Bosque Mixto	390	45,1	493	250,561
	Bosque de Araucaria	291	55	429	33,444
	Bosque de Roble pellín	288	27,3	182	715
* Árboles vivos					
** Volumen bruto con corteza					

Fuente: Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Informes Regionales y Tablas generadas por el Programa de Compilación. PBNyAP.

Las especies de mayor abundancia en primer y segundo lugar, registradas en esta tesis, son *A. colubrina var cebil* y *P. rhamnoides*, debido que proporcionalmente son muy superiores al resto de las especies y son también las de mayor ocupación del sitio; en un tercer lugar se encuentran dos especies *T. hieronymi* y *P. excelsa*, y por último en cuarto lugar *C. multiflorum* y *A. urundeuva*. Todas a excepción de *T. hieronymi* poseen un valor forestal o maderable secundario y la última sin valor (Del Castillo et al. 2001; Rosa 2002; Del Castillo 2006; Minetti 2006; Brown y Malizia 2007; Eliano et al. 2009). Estos datos concuerdan con los obtenidos de inventarios forestales realizados por la Empresa GMF Latinoamericana S.A., en parcelas ubicadas en la Localidad de Tartagal y Orán (Salta) (Romano 2007) y en inventarios realizados en la Finca Rio Seco, Localidad de San Martín (Salta), la cual fue usada como Finca piloto para el Protocolo del plan de manejo forestal de la Yungas (Eliano et al. 2009). Dichas especies son mencionadas como dominantes por Cabrera (1976), SAYDS (2005) y Brown y Pacheco (2006).

Para definir la importancia estructural de las especies dentro del sistema, se debe contemplar además de la abundancia, la presencia y distribución de las especies en el área muestreada; esto se logra al observar la frecuencia de aparición de cada especie en el muestreo. La mayoría de las especies se concentran en las clases de frecuencia A y B, donde se agrupan aquellas especies poco frecuentes o de menor ocurrencia, es decir aquellas que se presentan pobremente distribuidas en la Selva, contrarias a las clases D y E, constituidas por las especies mejor distribuidas. De acuerdo a este criterio las especies mejor distribuidas son *A. colubrina var cebil* y *P. rhamnoides*, seguidas por *C. multiflorum*, *P. excelsa*, *T. hieronymi* y *R. apétala*. Todas a excepción de las dos últimas son especies de valor forestal. Se puede verificar que *A. urundeuva* es una especie abundante pero de menor uniformidad en el muestreo y en sentido contrario a *R. apétala*. Estos datos coinciden con lo expuesto por Romano (2007), quien sostiene que las especies muy valiosas forestalmente

son de baja ocurrencia, pues poseen una clase de frecuencia de representatividad del 1 a 20 %.

Con respecto a la dominancia del sitio, relacionada a partir del cálculo del área basal de las especies, son seis especies que representan aproximadamente el 50% del total del área basal. Estas son *A. colubrina var cebil*, *P. rhamnoides*, *A. urundeuva*, *C. multiflorum*, *C. insignis* y *P. excelsa*. Todas a excepción de la última especie son de valor forestal. Se destaca *C. insignis*, poco abundante y con baja ocurrencia, lo cual no indica pocos individuos pero con DAP elevados con un promedio de 42 cm, que generan una alta ocupación del sitio. Las especies dominantes determinadas en este trabajo coinciden con las propuestas por Prado (1995), Brown (2006), Romano (2007) y Eliano (2009). Referido específicamente a los datos de área basal, nuestros resultados son relativamente mayores que los presentados por Romano (2007) para *A. colubrina var cebil*, *P. rhamnoides*, *A. urundeuva* y *C. multiflorum*; que fueron de 3,75 m² /ha, 2,92 m² /ha, 1,7 m² /ha. y 1,1 m² /ha, respectivamente. En cuanto a la dominancia, nuestro trabajo muestra que aproximadamente el 60 % de la dominancia está representada por el 35 % de las especies arbóreas, próximo a lo referido por Lamprecht (1990), quien menciona que en los bosques tropicales, el 15 % de las especies arbóreas representan entre el 50 al 70 % del área basal total.

La importancia ecológica y la condición de las diferentes especies, queda expresado mediante el Índice de valor de importancia (IVI). Las especies de mayor valor ecológico y estructural del sistema son *A. colubrina var cebil*, *P. rhamnoides*, *A. urundeuva*, *C. multiflorum*, *P. excelsa* y *T. hieronymi*, las cuales caracterizan la Selva Pedemontana (Tortorelli 1956; Manrique 2001; Minetti 2005; Malizia 2004; Brown y Pacheco 2006; Romano 2007). De acuerdo a las diferencias significativas encontradas entre las especies, *A. colubrina var cebil* es la más abundante, frecuente y con mayor ocupación del sitio, seguidas por un primer grupo constituido por *P. rhamnoides* y *C. multiflorum* y un segundo grupo compuesto por *P. excelsa*, *A. urundeuva* y *T. hieronymi*. Todas tienen valor forestal o maderable a excepción de *T. hieronymi*.

Descripción ecofisiológica de las especies y grupos dominantes

A. colubrina var cebil es una especie generalista de nicho ecológico amplio y con una fuerte habilidad competitiva o plasticidad ecológica en cuanto a los requerimientos del micrositio, pudiéndose regenerar en condiciones de bosque maduro o disturbado (Guzmán 2001). Es así mismo una especie mélica que se encuentra en un amplio contexto regional (Misiones, Corrientes, Formosa, Chaco, Tucumán, Salta, Jujuy) (Cabrera 1976; Valdora y Soria 1999). Su unidad de dispersión es la semilla, y en su dispersión se combinan rasgos adaptativos de autocoria y anemocoria (De Noir et al. 2002), permitiéndole una amplia distancia de dispersión de la planta madre (CATIE 2001), pudiendo colonizar nuevos ambientes o ampliar sus límites de distribución (De Noir et al. 2002).

Anadenanthera colubrina presenta una alta capacidad de germinación de aproximadamente 70 %, un rápido crecimiento y una alta tasa de regeneración (Valdora y Soria 1999). Posee además una buena sincronización entre la dispersión de la semilla y el inicio de las lluvias, lo que garantiza un alta germinabilidad del banco de semillas. Su establecimiento se ve favorecido al no ser ramoneada por el ganado (Humano 2007). Además es una especie pionera y heliófila, con altos requerimientos lumínicos en sus primeras etapas de desarrollo, brinzal y latizal bajos (Justiniano y Fredericksen 1998^a;

Guzmán 2001). Tiene característica de especie pionera colonizadora de claros, con alto poder germinativo de su semilla, garantizándole elevadas frecuencias en las todas las clases diamétricas, pero especialmente en la regeneración de individuos menores a 5 cm de DAP (Guzmán 2001). El rápido crecimiento de la regeneración favorece su reclutamiento, asegurándose la dinámica poblacional de la especie y el continuo tránsito de individuos a las clases diamétricas siguientes (Uslar et al. 2004; Araujo 2005).

El primer grupo de dominancia se compone por *P. rhamnoides* y *C. multiflorum*, especies que poseen requerimientos ecofisiológicos y habilidades competitivas similares, llegando a conformar asociaciones vegetales bien definidas (Cabrera 1976; Justiniano y Fredericksen 1998b). Ambas son especies umbrófilas (Wenzel y Hermann 1998; Justiniano y Fredericksen 1998b; Guzmán 2001), o también llamadas esciófilas (Lamprecht 1990), pudiendo regenerar en condiciones de bosque maduro o sitios no perturbados sin estar condicionados a ambientes con distintos grados de iluminación. Pueden además sobrevivir en el interior del bosque durante muchos decenios prácticamente sin crecer, en estado latente, conservando la capacidad de reaccionar con un fuerte crecimiento si mejoran las condiciones de luz (Lamprecht 1990). *Phyllostylom rhamnoides* y *C. multiflorum* son especies de lento crecimiento, longevas, poseen alta supervivencia y estructuralmente se caracterizan por tener una mayor participación en clases de tamaños mayores (ver *Crecimiento de las especies*). La abundancia y tamaño de las especies tolerante a la sombra indican que estos tipos estructurales corresponden a bosque maduros (Pinazo et al. 2003). Son especies cuya regeneración reacciona favorablemente a disturbios naturales o antrópicos (Justiniano y Mostacedo 1998b). Ambas poseen dispersión anemófila, a partir de su fruto en *P. rhamnoides* y de semilla en *C. multiflorum* (De Noir et al. 2002).

En el segundo grupo está *P. excelsa*, que posee similares características ecofisiológicas, fisiológicas de las semillas, dispersión y de nicho de regeneración, que *A. colubrina* var *cebil*. Sin embargo *P. excelsa* posee una menor participación en las clases diamétricas superiores, sin encontrarse individuos superiores a 60 cm de DAP (Del Castillo 2002; Eliano et al. 2009). Esto podría atribuirse a que se trata de una especie de madera semi dura (Tortorelli 1956) más susceptible a disturbios naturales, como vientos o caída de árboles (Del Castillo. 2005). Integra también este segundo grupo *A. urundeuva*, que es una especie heliófila que requiere de perturbaciones para regenerar y la necesidad de luz es determinante, para su crecimiento en la regeneración y en clases diamétricas inferiores (Guzmán 2001). Ambas constituyen una gran parte del área basal del rodal, pero nunca - o casi nunca - se regeneran. Parece que la baja intensidad de luz en el bosque es un factor importante que impide la regeneración de las especies mencionadas. Probablemente existían mejores condiciones en la disponibilidad de luz, cuando se establecieron en el dosel arbóreo (Wenzel y Hermann 1998). La unidad de dispersión de *A. urundeuva* es el fruto, siendo este una drupa que muy probablemente se dispersa por las aves que lo consumen (De Noir et al 2002).

Otra especie del grupo es *T. hieronymi*, que es una especie pionera temprana, heliófila y de corta vida. Ocupa los claros producidos por los disturbios (Toledo et al. 2001), y se encuentra en numerosos estudios como una especie dominante (Toledo et al. 2001; Rodríguez y Montero 2002; Blundo y Malizia 2008). Es una especie de rápido crecimiento, que no posee individuos en las clases diamétricas superiores, encontrándose solamente en las clases de tamaño menores. Posee una alta regeneración y elevada mortalidad (Blundo y Malizia 2008). Son árboles de mediano tamaño, con estructura vegetativa con bajo costo energético como densidad de la madera baja, con baja esclerofilia

y están capacitados para competir con las plantas herbáceas. Generalmente mueren cuando compiten con especies de árboles tolerantes, que han requerido anteriormente la instalación de individuos que creen micrositios sombreados y mas húmedos (Fernández et al 2005). Esta situación de tener una elevada abundancia correspondida por una baja área basal, demuestra numerosos individuos de bajos DAP, confiriéndole un rol de colonizador a la especie, que proporciona un microclima sombreado favorable para el establecimiento de plántulas de las especies dominantes umbrófilas, dando lugar a procesos de facilitación (Barchuk 2002).

Estructura vertical del rodal

Con respecto a la estructura vertical, en términos generales el ecosistema presenta un mayor porcentaje de individuos en el estrato medio, entendiéndose en posición intermedia con iluminación parcial sobre la copa pero expectante a sustituir a un árbol adulto muerto o extraído, y también existe un 25 % de individuos en el estrato inferior dispuestos a reemplazar a los individuos del estrato intermedio que pasan al estrato superior (López et al. 2006).

Conocer la posición sociológica que ocupa una especie en la estructura y composición de un bosque es determinante para evaluar sus habilidades competitivas, ya que esta posición nos demuestra que capacidad tiene para establecerse y sobrevivir en la competencia y en la lucha por la supervivencia. Una especie asegura su supervivencia cuando se encuentra representada en todos los estratos del bosque (Finol 1975). En este trabajo la mayoría de las especies, presentó individuos en los 3 estratos establecidos con una distribución vertical continua, pero fueron pocas aquellas que presentaron abundancias similares en cada uno de ellos (Romano 2007). Según Lamprecht (1990) la estructura del bosque informa sobre la dinámica y tendencias futuras de las especies componentes. De acuerdo a este concepto *A. colubrina var cebil*, *P. rhamnoides*, *C. multiflorum* y *P. excelsa* son especies que cumplen su ciclo de vida completo por estar presentes en los tres estratos como especies dominantes. Si observamos además que el estrato inferior está dominado por las especies pioneras *T. hieronymi* y *U. baccifera*, éstas van siendo reemplazadas por especies maderables más tardías de la sucesión secundaria, como por ejemplo *C. multiflorum*, *M. peruiferum* y *T. impetiginosa* que aumentan su abundancia (Blundo y Malizia 2008); y por especies umbrófilas *P. rhamnoides* y *C. multiflorum*. Las especies pioneras no llegan a alcanzar el estrato dominante ni el codominante. En el estrato intermedio aparecen dominando las especies heliófilas como *A. colubrina var cebil* y *P. excelsa*; especies umbrófilas *P. rhamnoides* y *C. multiflorum*, y las especies pioneras *T. hieronymi* y *U. baccifera*. En el estrato superior, dominan las especies heliófilas *A. colubrina var cebil*, *A. urundeuva* y *P. excelsa*, y especies umbrófilas como *P. rhamnoides* y *C. multiflorum*, mientras que no se observa la presencia de las especies pioneras mencionadas anteriormente.

Indices de valor fitosociológicos

Si se suma la participación horizontal de las especies (IVI) y la participación de las especies en la estructura vertical (PS) obtenemos el IVIA. Esto determinó que las especies estructurales del sistema que dominan en ocupación horizontal y vertical del sistema son *A.*

colubrina var cebil, *P. rhamnoides*, *A. urundeuva*, *P. excelsa* y *C. multiflorum*, de las cuales todas tienen un valor forestal secundario.

Al observar el IVIF, las familias de mayor importancia ecológica son Fabaceae, Ulmaceae, Anarquidaceae, Rubiaceae y Meliaceae, siendo la primera la que esta representada por una mayor riqueza de especies en relación a las otras. Según Gentry (1995) los bosques subtropicales secos se caracterizan por tener a Fabaceae como una de las familias con mayor abundancia, diversidad y área basal, lo que se corrobora en este trabajo.

Regeneración natural

Con respecto a la regeneración presente, se pueden observar muy pocos individuos de las especies heliófilas *A. colubrina var cebil*, *P. excelsa*, *A. urundeuva* y *C. balansae* en relación a las especies umbrófilas *P. rhamnoides*, *C. multiflorum* y *M. peruiferum*, lo que reafirma la madurez del sistema, con ausencia de grandes disturbios que generen áreas a colonizar. Esto contrasta con información obtenidas de inventarios en áreas intervenidas donde, existe mayor abundancia de regeneración de las especies heliófilas maderables *A. colubrina var cebil* y *C. balansae* (Pinazo et al. 2006; Blundo y Malizia 2008; Eliano et al. 2009). Algunas causas que pueden explicar la escasa regeneración, independientemente de la presencia de claros, son: (1) la falta de concordancia entre la formación de los claros y los períodos de producción de semilla, lo cual es de importancia para especies con altos requerimientos de luz ; (2) la falta de formación de claros de manera frecuente en el tiempo y no en un único evento, lo que puede incentivar la regeneración de la especie en un principio pero no favorece la posterior supervivencia y crecimiento; y (3) la insuficiencia del tamaño de los claros ocasionadas por el aprovechamiento o caída natural de los árboles (Pinazo y Gasparri 2003).

Esta situación genera una mayor importancia ecológica de las especies umbrófilas *P. rhamnoides*, *M. peruiferum* y *C. multiflorum*, sobre las especies heliófilas que dominaban las estructuras vertical y horizontal como *A. colubrina var cebil* y *P. excelsa*.

Las especies de madera preciosa como *A. cearensis*, *M. peruiferum*, *C. balansae* y *T. impetiginosa* (Del Castillo et al. 2001; Del Castillo 2005; Brown y Pacheco 2006; Minetti 2006), están consideradas como flora en peligro, enfrentando un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre (PMPNC 2009), con una reducción en la población aproximada del $\geq 50\%$, en los últimos 10 años, debido al aprovechamiento forestal (Del Castillo 2005; Minetti 2006). Existen características comunes para las cuatro, como la poca participación en la estructura horizontal, el escaso crecimiento diamétrico anual (ver *Crecimiento de las especies*), la escasa regeneración existente, poca cantidad y inadecuada distribución de los individuos en las distintas clases diamétricas, y una baja frecuencia de los individuos. Estas condiciones no garantizan que los individuos jóvenes reemplacen a los adultos muertos o extraídos (Lamprecht 1990; Louman 2001; Del Castillo 2005; Uslar et al. 2001; Brassiolo 2004; Del Castillo 2005; Araujo 2005). Estas consideraciones demuestran su vulnerabilidad dentro del sistema, debiéndose tomar como una pauta esencial para la conservación de este bioma.

Estructura horizontal del rodal

La distribución de los individuos por clases diamétricas presentan forma exponencial, que comúnmente en la terminología forestal se denomina curva “jota invertida”, característica de las masas disetáneas (Finol 1971; Lamprecht 1990; Louman 2001; Uslar et al. 2001; Brassiolo 2004; Del Castillo 2005; Araujo 2005). La distribución diamétrica disetánea o irregular implica que las clases inferiores incluyen la cantidad suficiente de individuos requerida para reemplazar a los árboles grandes que mueren por caída natural o intervención humana (Lamprecht 1990). El mayor número de fustes se encuentra en las clases diamétricas más bajas, no significando que necesariamente sean los individuos más jóvenes, decreciendo de manera constante a medida que aumenta la clase hasta quedar en las últimas clases un número reducido de individuos. Este tipo de distribución también se la denominada “distribución de rodales de niveles escalonados”. Estos se originan cuando una especie tolerante forma una capa subsidiaria por debajo de una capa superior de árboles no tolerantes, siendo la abundancia de individuos mayor en las clases de menor tamaño, en este caso, hasta diez veces más que en las clases mayores a 40 cm de diámetro.

La presencia de una alta participación de las especies estructurales de mayor IVI en todas las clases diamétricas con una distribución horizontal continua o regular (Lamprecht 1990), la aparición en las primeras clase de especies tolerantes que no poseen individuos en las superiores (Pinazo et al. 2003); y la abundancia y tamaño de las especies umbrófilas (*P. rhamnoides* y *C. multiflorum*) indican que estos tipos estructurales corresponden a un bosque maduro o en estado climácico (Barth et al. 2008).

Los resultados muestran una relación inversa entre la densidad y las categorías diamétricas, ya que a medida que aumenta la densidad del arbolado disminuye sus diámetros (Encina Domínguez et al. 2008). Si consideramos la distribución del área basal existe una gran concentración entre los individuos de 10 a 50 cm de DAP un 70% del total, debido a la coexistencia de las especies pioneras, tardías, heliófilas y umbrófilas. En las clases diamétricas superiores esta concentración disminuye notoriamente

Si consideramos solamente las especies de valor, poseen una alta participación en la estructura horizontal del rodal con densidades de 220 ind./ha, lo que representa el 46 % del total y correspondiéndoles un área basal de 14,5 m²/ha que representa el 60 % del total. De acuerdo a la **RESOL 81/2009 SGA**, que rige los diámetros mínimos de corta en la Provincia de Jujuy, al referirnos a las especies de valor forestal existen 67 ind./ha con un área basal de 10,3 m²/ha factibles de aprovechar. En relación a las especies de madera preciosa (*C. balansae*, *M. peruiferum* y *A. cearensis*), existen 4 ind./ha que representan 0,72 m²/ha. Según Brassiolo (2004) y Grulke et al. (2008), los bosques productivos deben poseer 7 a 8 m²/ha de especies maderables. Los datos obtenidos para el sistema analizado confirman que llegarían a esos valores. Asimismo estos datos reflejarían el máximo potencial del sitio, consideración para equilibrar la preservación de la biodiversidad del sistema y la posibilidad de aprovechar bienes (madera) en forma continua.

El volumen obtenido de la especie de valor es de 85,72 m³/ha, que resulta mayor que el propuesto para el total de las especies para rodales del Bosque Chaqueño que es de 31 m³/ha (SAyDS 2005) o 34,4 m³/ha (Araujo 2005). Esta diferencia se basa principalmente en la mayor abundancia y altura de fuste de los individuos de la Selva Pedemontana. Este valor, sin embargo, se aproxima al dato propuesto de 98 m³/ha (SAyDS 2005) para el total de las especies y al de 79,56 m³/ha propuesto por Gasparri y Manghi (2004). En datos de volumen aprovechable para áreas aprovechadas, el valor obtenido es de

31,6 m³/ha (Eliano et al. 2009) para las especies comerciales, el cual es mucho menor que el obtenido en este trabajo, que es de 62,47 m³/ha (ver *volumen de fuste*).

Diferencias estructurales entre las parcelas

Se observan diferencias estructurales entre las 8 parcelas, si tenemos en cuenta la cantidad de individuos y el área basal. Donde existen más individuos es en las parcelas Tecpetrol y Valle Morado, y donde hay una mayor área basal es en Tabacal, Tecpetrol y Valle Morado. Al tomar las cinco especies de mayor IVI en cada parcela, entre ellas existen diferencias en abundancia y área basal. Las primeras especies de las cinco, son mayores en área basal, en abundancias y más frecuentes, que las últimas especies. La parcela Candado Chico no posee dos especies de valor forestal que son *M. peruiferum* y *P. rhamnoides*. A pesar de esta ausencia, esta parcela no fue separada del grupo de parcelas por tener datos estructurales similares.

En el gráfico de componentes principales no se determinan grupos de especies que sirvan para discriminar los sitios, entendiéndose como que poseen una distribución homogénea de las especies en las parcelas.

D.2, Crecimiento de las especies

Las variables relacionadas con el tamaño (clase diamétrica) y la iluminación que recibe el individuo (Posición sociológica) son las de mayor influencia al momento de explicar el crecimiento de los árboles (Gasparri y Goya 2006). Los datos obtenidos demuestran que las clases intermedias correspondientes a individuos entre 50 a 70 cm de DAP son los que poseen los mayores incrementos diamétricos anuales, disminuyendo su número a partir de ese DAP, y a medida que aumenta la disponibilidad de luz en la copa del individuo aumenta el incremento diamétrico, resultando en una expresión exponencial. La relación entre el tamaño del individuo y el crecimiento observado sugiere que a medida que este aumenta de tamaño tiene mayor capacidad de captar recursos y de crecer (por lo tanto crecimiento rápido). Esto ocurre, hasta alcanzar un determinado tamaño, en el cual la captación de recursos se vuelve cada vez más ineficiente, por la tasa de crecimiento disminuye. Esta relación es consistente con la base teórica del modelo de crecimiento biológico como por ejemplo el de Chapmand y Richards (Richards 1959), donde se puede observar que el tamaño del individuo tiene influencia en su crecimiento (Gasparri y Goya 2006). A medida que los individuos de las clases intermedias tienen condiciones de iluminación óptimas, pueden aumentar sus incrementos anuales, teniendo mayor influencia en el crecimiento la posición de la copa que el tamaño del individuo. Una copa que domine el dosel le permitirá al individuo captar mayor cantidad de luz favoreciendo su crecimiento diamétrico (Vasquéz y Orozco 1992).

En este trabajo las especies en su conjunto considerando las no maderables (madera liviana) y las maderables (madera semi pesada y madera pesada) en promedio poseen un incremento diamétrico de 3 mm/año, llegando a ser superior en los individuos dominantes con 4,48 mm/año. Con estos datos, de acuerdo a la clasificación de GMSJ (2010) corresponden a especies arbóreas con un crecimiento lento, menores a 5 mm/año. Los datos de incremento diamétricos anuales obtenidos son menores a los propuestos por trabajos que informan de 1 cm/año (Del Castillo 2005; Eliano et al. 2009). También son menores con respecto a datos obtenidos por análisis dendrológicos, que estiman para las especies

leñosas de Jujuy, un incremento de 14,1 mm/año (Picchi et al. 1994). Al compararlos con datos de otros biomas son menores con respecto a los de la Amazonía Boliviana de 3,55 mm/año (Brienen et al. 2003), pero resultan mayores a los obtenidos por Araujo (2005) para las especies del Chaco Seco que es de 2 mm/año.

Al considerar las especies según su valor económico, las especies maderables que son apreciadas por la dureza y trabajabilidad de su madera (Tortorelli 1956), poseen mayores incrementos diamétricos, que las especies no maderables. Los mayores incrementos se registraron en individuos en la clases diamétricas intermedias y con copas dominantes con 4,13 mm/año en las maderables y 4,98 mm/año en las no maderables. El tamaño del individuo puede influir en las tasas de crecimiento, correspondiéndoles a las clases diamétricas mayores las mayores diferencias en el crecimiento diamétrico.

Se puede observar que la posición sociológica influye más en el crecimiento de las especies maderables donde hay una marcada diferencia del crecimiento entre las posiciones con poca captación de luz directa (Oprimidos y Intermedios) con respecto a las posiciones con mayores posibilidades de captar luz en forma directa (Codominantes y Dominantes). En cambio, en las especies no maderables los incrementos paulatinos se dan a medida que mejora la capacidad de captar luz directa por las copas de los individuos. Los datos anteriores permiten suponer que el incremento diamétrico aumentaría significativamente con medidas silvícolas que mejoren las condiciones de iluminación de los individuos de interés comercial (Gasparri y Goya 2006).

Al considerar solamente las especies de mayor valor forestal, se comprueba que entre ellas existen diferencias entre los incrementos medios anuales, generándose tres grupos de especies según su crecimiento. El primero integrado por las dos especies de mayores crecimientos, *C. balansae* y *A. colubrina*, con incrementos medios anuales de 5,77 y 4,77 mm/año respectivamente, siendo ambas especies heliófilas. Un segundo grupo de crecimiento menor lo componen *A. urundeuva*, *P. excelsa*, y *M. peruiferum*, con 3,06, 2,84, y 2,59 mm/año, respectivamente, siendo las dos primeras especies heliófilas y la tercera umbrófila; y un tercer grupo integrado por *T. impetiginosa*, *C. multiflorum*, y *P. rhamnoides*, con 1,83, 1,82, y 1,23 mm/año respectivamente, siendo la primera una especie heliófila y las otras dos umbrófilas. En estas especies el crecimiento diamétrico es mayor en las clases diamétricas superiores y en los estratos sociales Codominante y Dominante.

Al considerar las especies de valor como gremios ecológicos basados en su tolerancia (heliofilas y umbrófilas), las especies heliófilas poseen mayores incrementos diamétricos que las especies umbrófilas, notándose significativamente estas diferencias en los estratos superiores.

No existen muchos datos de incrementos diamétricos de especies nativas obtenidas por análisis dendrológicos o por remediación en parcelas permanentes, pero si lo hay de ensayos en plantaciones puras o mixtas de estas especies, considerando que es importante aunque sea con este tipo de datos realizar comparaciones entre ellos. La especie más promisorio y mas ensayada y estudiada por su crecimiento y calidad de madera es *C. balansae* (Del Castillo et al. 2001; Del Castillo 2005; Pacheco y Brown 2006; Minetti 2006; Balducci et al. 2009) encontrándose incrementos diamétricos medios anuales (IMA), en plantaciones puras, de 2,06 cm/año (Del Castillo 2001) y 3,2 cm (Balducci et al. 2009). En ensayos mixtos con competencia interespecífica se registra 1,07 cm/año (Del Castillo 2001) y 1,83 cm/año (Balducci et al. 2009). En todos los casos citados son datos mayores al obtenido en este trabajo que es de 0,58 cm/año, pero en estudios de anillos de crecimiento se obtuvo para *Cedrela sp.* un IMA de 0,46 cm/año (Wellenbeck 2007). Se puede confirmar

que *C. balansae* es la especie de mayor crecimiento entre las especies de valor forestal de la Selva Pedemontana. Otros datos son de *T. impetiginosa* con un IMA de 1,35 cm/año en ensayos puros y de 1,65 cm/año ensayos mixtos (Balducci et al. 2009), y de *M. peruiferum* con 0,5 cm/año (Del Castillo 2001). *Astronium urundeuva* en ensayos mixtos con 2,05 cm/año; los cuales representan incrementos mayores a los 0,18 cm/año, 0,26 cm/año y 0,31 cm/año, respectivamente obtenidos en este trabajo. Con este análisis debe considerarse que las especies más promisorias son las heliófilas y dentro de ellas *C. balansae*, *A. colubrina*, y *A. urundeuva*, y entre las umbrófilas se destaca *M. peruiferum*. Las especies destacadas deberían ser ensayadas en plantaciones puras, mixtas, enriquecimientos, sistemas silvopastoriles y en la restauración de bosque nativo.

El modelo de crecimiento no lineal se elaboró en función de la posición sociológica de los individuos, y de la competencia en función del área basal de los individuos no maderables presentes en una hectárea (parcela). Si bien las variables relacionadas con la iluminación de la copa y de la competencia parecen ser apropiadas para la predicción del crecimiento individual, sería importante aumentar la precisión del modelo incorporando índices de competencia y de calidad de sitio, principalmente cuando el valor de la madera es alto y los márgenes de error en las estimaciones pueden significar diferencias importantes en los recursos económicos generados. (Gasparri y Goya 2006).

Con el modelo obtenido se puede explicar un 41% del proceso de crecimiento diamétrico de las especies forestales de valor en un ecosistema disetáneo, coeficiente de determinación aceptable para predecir un proceso muy complejo como es el crecimiento de los árboles. Es importante señalar que este es un proceso largo y afectado por una multitud de factores, tanto intrínsecos (edad, características genéticas) como extrínsecos (condiciones del medio físico, relaciones con los árboles vecinos, perturbaciones) (Abellanas et al. 2007).

La integración o dependencia mutua de estos componentes dificulta la comprensión del funcionamiento del sistema como un todo, o sea, cuales son los factores que gobiernan el desarrollo del bosque (Moscovich 2004). Esta situación se demuestra con la baja correlación entre el incremento medio anual con el área basal de los individuos y la cantidad de individuos por ha, con un 24% y 17% respectivamente. Por ello se usaron clasificaciones artificiales en la posición sociológica y un clasificador de especies de acuerdo a un ranking de crecimiento diamétrico, con el objetivo de lograr un mejor ajuste del modelo. Los ritmos de crecimiento se comportan de manera diferente de acuerdo a la clase de copa, siendo muy difícil estimar el crecimiento individual de árboles sin discriminar la clase de copa (Peri y Martínez Pastur 1996; Martínez Pastur et al. 2001).

Otro factor influyente en el crecimiento diamétrico es la competencia expresada como el área basal del rodal, ya que la influencia de ésta sobre el crecimiento depende del estrato social considerado (Diaz et al. 1998; Martínez Pastur et al. 2001; Gasparri y Goya 2006). En ciertas condiciones el aumento del área basal estimula el crecimiento hasta llegar a un valor a partir del cual lo retrasa. En los individuos de las clases de tamaño inferiores (Oprimido y Intermedio), que poseen bajas posibilidades de captar luz. A medida que aumenta la ocupación (competencia) el crecimiento diamétrico aumenta, pues en estos estadios las especies son buenas competidoras por su necesidad de llegar al dosel superior. Pero si su situación con respecto a la captación de luz no mejora sus incrementos permanecen o decrecen debido a la fuerte competencia por los recursos (Lamprecht 1990). En individuos de clases diamétricas superiores, al captar mayor luz, el efecto de la competencia es menor sobre el crecimiento, pues los recursos no son tan limitantes. Pero

aún así al disminuir la competencia aumenta levemente el crecimiento. En estos estratos el factor que más influye en el crecimiento es la disponibilidad de luz (Lamprecht 1990). Al inicio la competencia puede estimular el crecimiento de los individuos hasta que empiezan a diferenciar sus copas hacia el dosel superior, donde el factor más importante en el crecimiento es la capacidad de captar luz.

Conocer la posición que ocupa una especie en la estructura y composición de un bosque es determinante para evaluar sus habilidades competitivas, ya que nos demuestra que capacidad tiene para establecerse y sobrevivir en la competencia y en la lucha por la supervivencia (Finol 1975).

Los crecimientos obtenidos y la posibilidad de aumentarlos mediante intervenciones silvícolas fuertes resultan atractivos por la disminución del turno forestal que podría lograrse al manejar intensivamente las superficies en regeneración (Martínez Pastur 2001), considerando en liberar las copas y disminuir la competencia por recursos en los individuos de clases y posiciones sociales intermedias.

Podría esperarse que en un rodal bajo un manejo forestal sostenido donde se consideren las clases de copa y la densidad de especies se logren aumentar las tasas de crecimiento en pos de disminuir los turnos de cortas. Por ejemplo los individuos de *C. balansae* al alcanzar los 30 a 40 cm de DAP presentan los mayores incrementos en diámetro con valores cercanos a 1 cm/año; árboles de este tamaño, cuando tienen condiciones de iluminación óptimas, pueden alcanzar hasta 2 cm/año. Esto permite prever que los turnos de corta para *C. balansae* podrían ser reducidos significativamente con medidas silvícolas que mejoren las condiciones de iluminación de los individuos de interés comercial (Gasparri y Goya 2006).

No existen estudios fehacientes sobre el crecimiento de las especies nativas requeridas por el sector forestal local que permitan estimar los tiempos estimados en lograr los diámetros mínimos de corta (DMC) (Eliano et al. 2009). Con los datos obtenidos en este trabajo conjuntamente con características ecofisiológicas de las especies y los tratamientos silviculturales adecuados servirán para la generación de un plan de manejo sustentable, lo que permitiría mejorar la actividad económica de la región y a la vez conservar la biodiversidad de estos sistemas boscosos (Badinier et al. 2009).

Los turnos de corta propuestos para la región son de 20 años (Del Castillo 2005) pero de acuerdo a los datos obtenidos en el tiempo que transcurre en lograr DMC por las especies, no se considera razonable. En estudios realizados en Bolivia en biomas de características parecidas a las Yungas, con turnos de 20 años y DMC similares, se necesitan 70 años para que se recupere en volumen extraído (Brienen et al. 2003). En *C. balansae*, por otra parte, el turno biológico de corta se estima en 150 años (Villalba et al. 2006).

De acuerdo a las simulaciones obtenidas se puede suponer que existen tres fases de crecimiento, una joven con muy poco crecimiento, una fase de crecimiento acelerado, con incremento diamétricos relativamente altos, y una fase de reducción del crecimiento, originada por la edad (Lamprecht 1990).

Queda como propuesta con los datos obtenidos y con pautas de manejo precisas definir un DMC y turno de corta más acorde a las características biológicas y tasas de crecimiento de las especie, que garantice la recuperación del sistema y la preservación de su biodiversidad, y conjuntamente adecuado a la industria forestal de la zona (Martínez Pastur et al. 2004).

D.3. Dinámica poblacional de las especies

Existen posibilidades de incorporaciones de nuevos individuos de las especies de mayor valor forestal en forma sostenida en el período considerado, con mayor abundancia y elevadas existencias de regeneración en las clases I y II como *P. rhamnoides*, *C. multiflorum* y *M. peruiferum*. En el caso de las especies restantes, se ven favorecidas por la baja Tasa de mortalidad (1 %) y la elevada Tasa de ingresos (17 %), pero se está muy lejos de los 4.000 ind./ha de regeneración de *A. quebracho blanco* y *S. lorentzii* propuesto para el Bosque Chaqueño semiárido (Araujo 2005).

La mortalidad de 1 % es aceptable para bosques subtropicales, ya que bosques tropicales de la Amazonía, con mayor dinámica poblacional es del 2 % (Poorter et al. 2001)

La baja mortalidad (1%) en referencia a la elevada tasa de ingresos (17%) nos plantea la situación de una numerosa regeneración de especies umbrófilas a la espera de un claro para crecer e ingresar a la primera clase diamétrica (Poorter 2001). El ingreso de regeneración de especies heliófilas en estos sistemas climáticos, debe ser provocada por los disturbios naturales. En nuestro caso podrían ser los deslizamientos de montaña; y los disturbios antrópicos, siendo el más recurrente la tala (floreo) ilegal de los mejores individuos (Brown y Pacheco 2006; Blundo y Malizia 2009).

En tal sentido, una de las premisas de la ordenación forestal es lograr la producción sostenida a perpetuidad, partiendo de la base que la extracción no supere el crecimiento del bosque (Gasparri y Goya 2006). Con los datos de incorporación y las existencias de individuos en el rodal (Ver *Composición y Estructura forestal*) se puede estimar la vulnerabilidad y la baja resiliencia de especies como *C. balansae*, *M. peruiferum* y *A. cearensis*, que son las especies más apreciadas (Minetti 2006).

De acuerdo a las tasas de mortalidad y supervivencia obtenidas para el total de individuos, se estima que la mortalidad disminuye a medida que aumenta el tamaño del individuo (mayor clase diamétrica). En las poblaciones arbóreas, los estadios juveniles en general poseen una alta mortalidad, crecimiento escaso y nula reproducción, y los estadios adultos poseen una baja mortalidad, mayor crecimiento y son reproductivos (Batista 2006). En el caso de la mortalidad según la ubicación vertical de los individuos, esta es menor en los estratos superiores y mayor en los estratos inferiores debido a que el rodal evoluciona, creando una diferenciación en el tamaño y posición de las copas. Los árboles con copas dominantes las expanden ocupando el espacio de crecimiento de los árboles dominados, estos últimos se debilitan y en un tiempo se hacen más susceptibles a plagas y enfermedades siendo más proclives a morir (Oliver y Larson 1996).

La dinámica de una población arbórea depende fuertemente de su estructura y la posición sociológica de los individuos. Un factor limitante para las plantas es el escaso nivel de energía radiante que llega a los estratos bajos del sotobosque. La luz disponible para la fotosíntesis se reduce a un mínimo y muchas plantas no pueden crecer. Sin embargo, para la mayoría de las plantas leñosas, la única posibilidad de establecerse exitosamente y crecer se da cuando se abre un claro en el dosel que permite que más energía lumínica alcance los niveles bajos dentro de la comunidad (Vásquez y Orozco 1992). Esta dependencia a la cantidad de luz influye en el aumento de la tasa de mortalidad en los estratos inferiores y garantiza la supervivencia de los individuos que se encuentran y puedan llegar al dosel del bosque. Se puede corroborar que la luz es el factor más limitante para el crecimiento de los árboles y por ende el manejo de este recurso posibilitará estimular la dinámica poblacional del sistema (Poorter et al. 2001). La luz como factor

ambiental también se la ha tenido muy en cuenta como regulador de la regeneración y el crecimiento (Lamprecht 1990).

La mortalidad disminuye a medida que aumenta el área basal del rodal, quizás se genera una mayor estabilidad a partir de las relaciones intra e interespecíficas entre los individuos cuando aumenta la ocupación. En tal sentido se ha evidenciado que la tala selectiva de individuos contribuye a que perdure una elevada tasa de mortalidad varios años después de las intervenciones, por eliminar las relaciones antes mencionadas y por quitar la estabilidad o apoyo de las copas entre los individuos (Nebel et al. 2001).

Nebel et al. (2001) encontraron una tendencia a disminuir el pasaje de individuos a las próximas clases diamétricas (Tránsito), en relación al aumento del área basal del sitio. En los estratos inferiores, el pasaje de individuos disminuye a medida que aumenta el tamaño del individuo. En los estratos superiores existe una disminución en el pasaje de los individuos hasta las clases diamétricas de $\geq 30 < 40$ y $\geq 40 < 50$ cm, en los individuos Codominantes y Dominantes respectivamente. A partir de ellas el pasaje presenta un leve aumento que se debe a la disminución del área basal existente a partir de esas clases diamétricas. La mayor captación de luz por parte de los estratos superiores provoca que al disminuir la competencia expresada en el área basal del sitio, aumenta el crecimiento y por ende el tránsito de individuos (Gasparri y Goya 2006). Es decir los individuos que reciben mayor cantidad de luz en sus copas poseen mayor crecimiento que aquellos que reciben menor cantidad de luz (Poorter et al. 2001).

Las especies de valor forestal tienen un comportamiento similar al total de las especies, pues los individuos Dominantes y Codominantes disminuyen sus tasas de tránsito en las clases diamétricas superiores.

D.4. Variación espacial de la estructura forestal

Después de la calidad de sitio, la densidad del rodal es un factor importante para la determinación de la productividad de un sitio forestal. La densidad es el principal factor que el silvicultor puede manejar en el desarrollo del rodal, lo que a su vez influye en la tasa de crecimiento en diámetro de los individuos. Su reducción aumenta las tasas de crecimiento, pero el crecimiento al ser un proceso con características de sigmoideo, la disminución severa de la densidad no representa un aumento de crecimiento o área basal (Barth et al. 2010). Esto evidenciaría que en las condiciones de mayor espaciamiento se produce una subutilización marcada del sitio (Fassola et al. 1999).

Los mayores incrementos diamétricos se obtuvieron con densidades correspondientes entre 10 a 20 m²/ha, lo cual representan entre 200 a 400 ind./ha aproximadamente, correspondiendo el 40 al 80% del total de individuos del rodal original (ver *Composición arbórea y estructura forestal*). Debajo de esta densidad no existe aumento del crecimiento diamétrico. A medida que aumenta la cantidad de árboles por ha, aumenta el área basal por el crecimiento de estos, hasta el momento en que los árboles empiezan a competir. Luego la competencia se intensifica y la suma de área basal de los individuos disminuirá, tanto en forma total como individual. Esto se debe a que, a mayor ocupación del sitio se reducen las posibilidades individuales de absorción de agua y nutrientes por vía radical, impidiendo el crecimiento y provocando la muerte de los individuos (Daniel et al. 1982).

El manejo de la densidad del rodal induce a los individuos de todas las clases diamétricas, a un mayor crecimiento, el cual se reduce a partir de una ocupación mayor a 30

m²/ha. Los individuos componentes del rodal crecen llegando a ocupar todo el espacio de crecimiento y algunos individuos ganan dominancia sobre otros generando un patrón de desarrollo donde la competencia interespecífica produce mortalidad de plantas y un efecto negativo sobre el crecimiento (crecimiento decreciente) (Oliver y Larson 1996). La reducción de área basal favorece el crecimiento de todos los estratos sociales, siendo proporcionalmente mayor en el estrato dominante. El área de la copa con capacidad de captar luz está directamente relacionada con el crecimiento diamétrico más que la edad y el sitio (Daniel et al. 1982; Lamprecht 1990).

Los árboles en las masas disetáneas crecen en espacios irregulares, en algún momento ocurre la clausura de las copas de los árboles dominantes, reduciendo los espacios de crecimientos de los árboles oprimidos. La supresión y posterior muerte de los oprimidos por crecimiento de los dominantes, es un resultado natural de la evolución del rodal (Oliver y Larson 1996), por ello la mortalidad es proporcional al aumento de la ocupación del sitio (Araujo 2005). Consecuentemente con el crecimiento de los individuos, existe un aumento de la ocupación del sitio y de la canopia forestal; esta lleva al cierre del dosel superior reduciendo los espacios disponibles para instalación de la regeneración (Oliver y Larson 1996), mientras que la ausencia de nuevos espacios de crecimiento generan una disminución de las incorporaciones de la regeneración a la primer clase diamétrica (Araujo 2005).

D.5. Modificaciones sobre el turno de corta

La disminución de la densidad del rodal a partir de un menor cantidad de individuos no maderables, promueve el crecimiento diametral de las especies remanentes. Al reducir la densidad del rodal en un 50% de los individuos presentes en la hectárea es cuando existe el mayor incremento en diámetro de los individuos que permanecen en ella. Se proporciona un mayor espacio de crecimiento cuando la especie se encuentra creciendo en forma exponencial, logrando con esto, extender unos años esta forma de crecimiento (Torres Rojo 2000). Por lo tanto, el raleo debe realizarse antes de que los árboles disminuyan su proporción de copa viva o se generan árboles oprimidos. En la parte silvicultural, se sugiere que los aclareos sean leves y frecuentes, ya que aseguran una buena calidad de la madera, al permitir un crecimiento uniforme de los anillos de crecimiento (Wadsworth 2000). Los mayores incrementos se obtienen en árboles dominantes en una situación de 100 a 200 ind./ha, estos incrementos obtenidos logran reducir significativamente los turnos de corta de las especies de crecimiento lento y crecimiento intermedio. En el caso de las especies de rápido crecimiento no hay diferencias significativas al reducir la densidad del rodal (100 a 200 ind./ha), pero aún así, conviene liberar aquellos individuos de interés que se encuentran en las clases diamétricas intermedias y con posición de copa dominante (Meza et al. 2003). En estos son donde se observan las diferencias en el crecimiento diametral al reducir la densidad de especies no maderables.

Las cortas intermedias (tratamientos de liberación) mejoran las condiciones de crecimientos de los árboles seleccionados y dosifican la competencia del rodal. Este tratamiento no está previsto en los planes de manejo de bosque, legislados en Jujuy por la Resolución 81SGA/2009. Este tratamiento, al aumentar las tasas de crecimiento de los árboles, por brindar condiciones óptimas de crecimiento, probablemente reduzca sus ciclos de corta (Dauber, 2003). Es aceptado que en los bosques regulares el control de la competencia por parte del silvicultor mediante cortas intermedias (liberación y raleos) mantiene aceptables

tasas de crecimiento (Cozzo 1988), lo cual puede ser replicable al bosque nativo. Esta alternativa está planteada en una metodología denominada *manejo de árbol futuro* en el bosque nativo de las Yungas (Grulke et al. 2008) donde se sugiere la selección y marcación de los árboles de aprovechamiento futuro, se favorece sus crecimientos mediante la regulación de la competencia intra e interespecífica en todas las etapas de desarrollo. Esta tarea de acuerdo a los datos obtenidos en este trabajo, es mucho más efectiva en la especie de valor forestal de crecimiento lento e intermedio que en las especies de rápido crecimiento.

El aprovechamiento por diámetro mínimo de corta (DMC), es una técnica de manejo que no tiende a asegurar la regeneración del bosque ni a regular la participación de las especies en la estructura forestal (Brassiolo 2006), ni se adecua a los diámetros requeridos por la industria maderera (Eliano et al. 2009). El escenario óptimo puede lograrse o quizás aún mejorarse mediante la aplicación activa de tratamientos silviculturales como la liberación, en árboles de futura cosecha de árboles, de especies no comerciales de mayor altura o la eliminación de lianas o bejucos (Bolfor 2003; Eliano et al. 2009). Se puede lograr ciclos actuales de corta sostenibles mediante el uso de grupos de especies que son aprovechadas en ciclos alternados de extracción (Bolfor, 2003). Para ello se deben definir los grupos de especies con base en las tasas de crecimiento (especies de alto crecimiento podrán ser aprovechadas más frecuentemente que especies de bajo crecimiento), y las características de la madera (madera dura y madera blanda). Los grupos de especies que se definieron de acuerdo a su tasas de crecimiento fueron tres: rápido, intermedio y lento crecimiento (ver *Crecimiento de las especies*). El aprovechamiento *por ciclos alternados* también podría actuar como un tratamiento de liberación y dosificación de la competencia de árboles de cosecha futura.

D.6. Proyección de la estructura forestal.

Se estimó la proyección de un rodal característico de la Selva Pedemontana, obtenido a partir de las mediciones en el año 2003, en un período de 25 años. Este período se debe a que los crecimientos diamétricos anuales son bajos, en el mejor de los casos es de 0,5 mm/año y además se corresponde al tiempo en que se estima como ciclo de corta para este tipo de bosque bajo condición de bosque aprovechable.

La proyección de la estructura diamétrica del rodal inicial (2003) en el período establecido de 25 años, muestra que se produce un mayor pasaje de individuos entre las clases diamétricas intermedias y menor en las clases diamétricas superiores. Los ingresos de nuevos individuos a la clase diamétrica inferior es baja debido a la ausencia o poca probabilidad de disturbios que generen nuevos espacios de crecimiento disponibles para la nueva regeneración, provista por semillas de los árboles superiores. A pesar de esta situación la primera clase diamétrica abastece gradualmente a las clases intermedias (Araujo 2005). En general el rodal muestra una tendencia de constante equilibrio o a equilibrarse (Eliano et al. 2009). Los individuos se concentran en las clases diamétricas intermedias, lo cual es previsible que en el futuro aseguren la provisión a las clases de diámetros mayores (Araujo 2005). En el período existe una pérdida de 65 ind./ha, que corresponden mayormente a especies no maderables de las primeras clases diamétricas. Esta pérdida se debe a las elevadas tasas de mortalidad registradas (Ver *Dinámica poblacional*).

La proyección del área basimétrica en el período establecido muestra una acumulación en las clases diamétricas intermedias correspondiente al pasaje de individuos de las clases inferiores, los que poseen mayores incrementos diamétricos anuales. El crecimiento del área basal es de $7 \text{ m}^2/\text{ha}$, el cual es adecuado para sistemas equilibrados, pero menor a la proyectada para el Bosque Chaqueño Árido en regeneración con $8,11 \text{ m}^2/\text{ha}$ (Brassiolo 2004). El incremento anual proyectado del área basal es de $0,30 \text{ m}^2/\text{ha/año}$, siendo menor al estimado de $0,4 \text{ m}^2/\text{ha}$ para las Yungas por Eliano (2009). El incremento de volumen anual proyectado de las especies de valor forestal es importante, con $4 \text{ m}^3/\text{ha/año}$, un valor similar al de una plantación pura de *C. balansae* con 10 años de edad (Del Castillo 2005). El incremento anual de volumen aprovechable proyectado es de $2,30 \text{ m}^3/\text{ha}$. El volumen aprovechable encontrado en la parcela inicial (año 2003) es de $41 \text{ m}^3/\text{ha}$, mayor al obtenido en Selva abierta (aprovechada) que es de $38 \text{ m}^3/\text{ha}$ (Eliano et al. 2009). Anualmente el aprovechamiento correspondería a $0,30 \text{ m}^2/\text{ha}$, este dato contrasta con el propuesto de $1,30 \text{ m}^2/\text{ha}$ (Eliano et al. 2009) para turnos de corta de 10 años. La reserva de crecimiento expresada en volumen aprovechable es de $40 \text{ m}^3/\text{ha}$, la cual garantiza la continua acumulación de volumen debido al crecimiento diamétrico de las especies, generando un aprovechamiento promedio anual de $1,40 \text{ m}^3/\text{ha}$, dato mayor al propuesto para el Bosque Chaqueño de $0,9 \text{ m}^3/\text{año}$ (Araujo 2005). Esta reserva de crecimiento corresponde a $7,1 \text{ m}^2/\text{ha}$, dato menor al sugerido para este sistema, que es de $8,1 \text{ m}^2/\text{ha}$ (Eliano et al. 2009).

La estructura de la vegetación y la composición de especies cambian luego de que un bosque es intervenido para extraer madera. Esto se manifiesta a través de cambios en la riqueza de especies, el área basal total, la relación área basal de especies maderables /área basal de especies no maderables (ABM/ABNM), la abundancia relativa de las especies y la estructura por clases diamétricas de los árboles (Blundo y Malizia 2008). En este trabajo se proyectó la evolución del rodal en dos situaciones distintas de manejo forestal, una con liberación de los árboles y la otra con un aprovechamiento según DMC. En cada situación varían la distribución de individuos por clases diamétricas, el área basal y la relación ABM/ABNM.

Al liberar el rodal y proyectar su evolución en 25 años, decrece la participación de las especies sin valor y aumenta el área basal del rodal, en relación al rodal sin disturbio, principalmente la correspondiente a las especies de valor forestal.

Al realizar el aprovechamiento del rodal, no se logra recuperar el área basal inicial, pero existe una mayor participación de las especies sin valor. Esta situación se plantea en rodales intervenidos hace 30 años donde no se ha logrado recuperar los valores promedios de área basal ($25\text{-}30 \text{ m}^3/\text{ha}$) para la Selva de las Yungas (Blundo y Malizia 2008),

Blundo y Malizia (2008) plantearon que el aprovechamiento forestal genera una disminución del área basal total, pero no encontraron asociación entre área basal total y parámetros indicadores del aprovechamiento del bosque (e.g. tiempo sin intervención, número de tocones). Encontraron sin embargo una asociación positiva entre el tiempo sin intervención y la relación ABM/ABNM.

En este trabajo se relaciona el tipo de intervención (liberación o aprovechamiento) con la abundancia de individuos y el área basal proyectadas en 25 años. El rodal con el tratamiento de liberación proyectado a 25 años (2003-2028), no logra recuperar la densidad inicial de individuos pero si el área basal inicial, en contraposición el rodal con un aprovechamiento según DMC proyectado a 25 años, logra recuperar la densidad inicial, por mayor participación de las especies sin valor, pero no recupera el área basal inicial.

En relación al tipo de intervención y al tiempo sin intervención, la liberación del rodal favorece a la instalación de especies sucesionales secundarias que mayoritariamente son las especies características de bosque maduro, que corresponden a las de mayor valor forestal (*C. balansae*, *A. colubrina*, *P. rhamnoides*, *C. multiflorum*, *A. urundeuva*, *T. impetiginosa*, etc.), por generarse claros de menores dimensiones que no favorecen a la instalación o reclutamiento de individuos de las especies sin valor forestal (heliófilas y pioneras en la sucesión) (Fredericksen y Mostacedo 2000). En cambio, el aprovechamiento según DMC genera grandes claros por extraer individuos de mayores dimensiones en diámetro y altura, permitiendo mayor entrada de luz para los individuos heliófilos y pioneros, provocando además la disminución de árboles semilleros de las especies de valor. Estas son condiciones que aumentan la abundancia y el área basal de las especies sin valor forestal.

En referencia al tiempo de intervención, a mayor tiempo sin disturbios antrópicos se favorece el crecimiento de las especies características del bosque maduro pues los claros se van cerrando y las especies pioneras ya no se instalan. A menor tiempo de intervenciones se ven favorecidas la instalación y reclutamiento de especies pioneras, pues los claros son aún de grandes dimensiones (Guzmán 2001; Blundo y Malizia 2008).

La composición de especies y la fisonomía del bosque cambian según la intensidad de los aprovechamientos forestales y la frecuencia de los mismos, en el pasado estos fueron los factores determinantes de los tiempos de recuperación del bosque luego de los aprovechamientos forestales selectivos (Fredericksen y Mostacedo 2000; Araujo 2005; Brassiolo 2004; Blundo y Malizia 2008). Un punto a favor es la rápida recuperación de la Selva manifestada por la rápida instalación y reclutamiento de nuevos individuos posteriormente al aprovechamiento forestal o a disturbios naturales (Fredericksen y Mostacedo 2000; Pariona 2001, Brown et al. 2005; Blundo y Malizia 2008).

La sucesión secundaria produce la recuperación estructural (biomasa, altura, área basal). Esta se presenta como una función inversa del grado de degradación del sitio y como función directa a la fertilidad del suelo, conjuntamente con la proximidad de fuentes semilleras y el tipo e intensidad del aprovechamiento o historia de usos del sitio (Pariona 2001; Cramer 2007).

Según la proyección de 25 años, este período no es suficiente para recuperar los volúmenes aprovechados, al realizar un aprovechamiento según DMC, debido a una alta y selectiva tasa de extracción; para la Amazonia Boliviana la recuperación del volumen aprovechable de las especies de valor forestal es de 80 años (Brienen et al. 2003).

D.7. Recomendaciones en el manejo forestal y preservación de la biodiversidad:

- Es importante comprender la dinámica de los rodales, ya que este conocimiento ayuda a fijar objetivos silvícolas mediante la predicción de las estructuras futuras y los patrones de desarrollo del rodal. En estructuras maduras los sistemas policíclicos o ciclos alternados por grupos ecológicos de especies son los apropiados para mantener la heterogeneidad de dosel.
- Se debe considerar el manejo de la estructura vertical y la cobertura del dosel pues regula la disponibilidad de luz, que es un factor determinante para el crecimiento y el establecimiento de muchas especies arbóreas, favoreciendo a las especies heliófilas y semiesciófilas.

- La preservación y sustentabilidad del proceso productivo se debe basar en dar valor agregado a los productos maderables obtenidos, productos forestales no maderables y valor a especies secundarias, domesticación especies de valor forestal y tecnología aplicada a la producción masal de especies nativas, con el fin de evitar la sobreexplotación forestal.
- Los procesos de manejo sustentable, conservación y restauración de bosque nativo deben realizarse a partir del manejo de las especies según de grupos ecológicos basados en el IVI o en el temperamento de las especies (heliófilas, esciófilas y semiescío-filas). También puede ser considerando la aparición de estas en la sucesión (pioneras, pioneras tardías, tardías, ect.), pues la influencia sobre un grupo afecta a otro grupo, debido a las relaciones funcionales de facilitación, competencia, sinergismo, etc.; que ocurren en una comunidad vegetal formada por distintas poblaciones de árboles de distinta edad y especies (disetáneos).
- Especies raras y con poca abundancia no deben ser expuestas a ningún proceso de manejo debido a que por sus limitaciones ecofisiológicas o de nicho ecológico, se encuentran en estado muy vulnerable de extinción, pudiendo fácilmente afectar a la biodiversidad del sistema.
- No realizar el aprovechamiento de los árboles dominantes de las clases diamétricas superiores por ser poco abundantes y representar un escaso volumen maderable. Estos, en la mayoría de los casos presentan normalmente ahuecamientos y otros problemas sanitarios en sus troncos, por los que deben quedar como individuos semilleros. El uso de un diámetro mínimo de corta lleva a no tener en cuenta el aspecto tecnológico de la madera por ello se extraen individuos con diámetros superiores al DMC, pero de bajo valor tecnológico de la madera (madera putrefacta o plasmada) y por ende escaso valor económico. Hay que tener en cuenta que esto podría haber producido un elevado impacto ecológico en desmedro de la diversidad y dinámica (ausencia semilla y polen) del sistema, mientras que la capacidad productiva podría haber disminuido debido a que se cortaron los individuos de mayor tamaño y mejor calidad, por lo que se extrajo casi la totalidad de la renta del bosque en una única intervención.
- La planificación del aprovechamiento forestal o cualquier actividad de alto impacto sobre el bosque debe realizarse con 5 a 10 años de anterioridad, tiempo en el cual se deben ejecutar tratamientos silviculturales que favorezcan a la instalación de la regeneración y el reclutamiento de la especies objetivos. Esta actividad debe coordinarse con los años de mejor producción de semillas; y la selección de los individuos de especies de interés que, encontrándose en las clases diamétricas inferiores o intermedias, constituyan el futuro de los próximos árboles de cosecha. Sobre estos árboles se aplicarán los tratamientos intermedios, con el objetivo de garantizar su adecuado crecimiento hasta llegar al próximo ciclo de cosecha.
- Los datos estructurales como el IVI, distribución diamétrica y estructura vertical para cada una de las especies en su situación actual o inicial servirán para generar un sistema de intervención periódico o ciclo de corta, manteniendo una estructura equilibrada que garantice la preservación de los bienes y servicios del sistema.
- Una de las premisas de la ordenación forestal para lograr la producción sostenida a perpetuidad, es que la extracción no supere el crecimiento del bosque. Por lo tanto, para determinar la capacidad de producción de un bosque (posibilidad) y realizar la

planificación, son indispensables los inventarios forestales y el desarrollo de los modelos de crecimiento (Gasparri y Goya 2006)

- Las tareas de liberación de copa se deben centrar en las especies heliófilas maderables, que se verán beneficiadas por la mayor captación de luz y se traducirían en mayores incrementos diamétricos. Esto sugiere una más rápida recuperación de los volúmenes de aprovechamiento que las especies umbrófilas; por ello se plantea el agrupamientos de especies por gremios ecológicos para un mejor manejo forestal.
- Las especies objetivo destinadas a reducir la densidad del rodal deben ser especies abundantes, pioneras heliófilas, que no lleguen a las clases diamétricas superiores ni al dosel superior, en este caso pueden ser *T. hieronymi*, *U. baccifera*, *S. laciolatum* y *O. puberula*.
- Las especies de mayor crecimiento y mayor participación en la estructura forestal recuperarán en menor tiempo el volumen de aprovechamiento que aquellas especies de lento crecimiento y menor participación en la estructura forestal.
- Los tratamientos silviculturales de liberación no son recomendable al nivel de todo el bosque, ya que algunas especies no van a mostrar una respuesta al mismo. Si este en cambio es dirigido a especies deseables se disminuirán los costos y se hará una mejor conservación del rodal (Poorter et al. 2001).
- Los árboles deberán cosecharse cuando ya han tenido su máximo crecimiento, que quizás no corresponda con su diámetro mínimo de corta.
- Debido a la gran variabilidad del crecimiento entre las especies, en los planes de manejo sería mejor el emplear, tasas específicas de crecimiento por especies y no un crecimiento mediano para todo el bosque (Poorter et al. 2001).
- Los datos de crecimiento diamétrico tienen una aplicación práctica en la determinación del ciclo de corta y en la regulación de la producción del bosque. Particularmente el crecimiento de la clase anterior a la cortable sirve para calcular el tiempo de tránsito y el módulo de rotación o ciclo de corta (Araujo 2005).
- Tal relación entre tamaño y crecimiento tiene implicaciones importantes para la planificación de aprovechamiento de la especie. Si se quiere optimizar el incremento en volumen en un área de manejo, sería mejor cosechar los árboles solamente cuando ya han tenido su máximo crecimiento, y cuando el árbol está al punto de entrar en una fase senescente con un crecimiento reducido (Poorter et al. 2001).
- Los tratamientos de liberación al nivel de todo el bosque no son recomendables, ya que algunas especies no van a mostrar una respuesta al mismo. Este debe ser dirigido para las especies con menos costos de intervención, con mejor respuesta a la liberación de recursos y reducción de la competencia. Alternativamente las especies del sotobosque responderán favorablemente incrementando su supervivencia, crecimiento y reclutamiento.
- El manejo forestal sustentable modificará las interacciones entre las poblaciones arbóreas a pequeñas escalas, que producirán cambios estructurales a escala mayor, generando en el sistema una nueva dinámica, que se deberá adecuar a las nuevas condiciones ambientales pos manejo.
- La explotación de estos bosques, en cualquier caso, debe asumir que el principal capital de estos ecosistemas no es la producción de madera, sino la conservación de

la biodiversidad y las funciones ecológicas, como los ciclos hidrológicos (Grau 2005).

- La reducción de la ocupación del sitio debe realizarse con el objeto de liberar las copas de los individuos que los poseen suprimidas, esta liberación les garantiza mayor captación de luz, lo que se traduce en mayores tasas fotosintéticas que se traslocan a raíz, permitiéndoles una expansión de sus copas y un mayor crecimiento en diámetro y altura.
- La reducción del área basal en el sitio puede realizarse liberando las copas de árboles codominantes o dominantes de las especies objetivo, a partir del raleo de árboles oprimidos o del raleo de los árboles vecinos a los dominantes. Al liberar los árboles codominantes estos amplían rápidamente su copa y su crecimiento diamétrico es lento, mientras que en el caso de los árboles dominantes estos amplían su copa abarcando el nuevo espacio disponible y su crecimiento diamétrico es rápido.
- Los individuos de especies considerados vulnerables o especies raras no deben ser considerados en ninguna práctica de raleo, a menos que posean una abundancia que garantice su resiliencia y perdurabilidad en el ecosistema.
- Para lograr la preservación de la biodiversidad y el potencial productivo de la Selva, no se debe disminuir la densidad del rodal hasta lograr el máximo incremento diametral de la situación natural. Por ello se debe mantener una densidad de rodal entre 250 a 300 ind./ha compuesto por especies de valor y sin valor forestal. Esta cantidad de individuos corresponde aproximadamente a un área basal de 20 m²/ha.
- El raleo se debe realizar en aquellos individuos sin valor forestal que posean un IVI relativo mayor a 5, puesto que valores menores caracterizan a especies con escasa abundancia, poca ocupación y baja frecuencia que en caso de ser raleadas pueden convertirse en especies vulnerables o en extinción.
- Los tratamientos de aprovechamiento deben ser planificados con 10 años de anterioridad como mínimo, predisponiendo el rodal a aumentar el volumen aprovechable con tratamiento de liberación que permita el crecimiento de las especies de valor y la instalación y reclutamiento de las especies secundarias en la sucesión que son en su mayoría las especies de valor. De esta forma se logrará el aprovechamiento de un volumen mayor pero correspondiente a un menor número de individuos. Esto permitirá evitar de esta forma generación de grandes disturbios que provoquen la irrecuperabilidad del rodal o la pérdida de especies vulnerables.
- Posteriormente al aprovechamiento prosperan condiciones de alta iluminación que presentan grandes densidades de regeneración de especies arbóreas. El manejo de esta regeneración debe primeramente garantizar su reclutamiento con el objetivo final de reconstruir una distribución con mayor participación de pies juveniles, que en el futuro aseguren la provisión a las clases diámetricas mayores. Es decir, en este período se busca la recuperación de la estructura y no una posibilidad de producción maderera en el corto o mediano plazo. Sin embargo, es necesario que esos ejemplares se mantengan en la masa como árboles padres para proveer de las semillas suficientes que aseguren la promoción de renovales a la primera clase y para que mantengan la cobertura lo más uniforme posible.

E. CONCLUSIONES

Sobre la Composición florística y estructura forestal

- Las especies arbóreas que definen la estructura forestal de la Selva Pedemontana son *A. colubrina var cebil*, *P. rhamnoides*, *C. multiflorum*, *A. urundeuva*, *P. excelsa* y *T. hieronymi*. Estas presentan diferencias significativas en presencia (abundancia y frecuencia) y ocupación (área basal) en el rodal sobre el resto, pero en conjunto con las especies acompañantes tipifican al bosque como un sistema en un estado climáxico (maduro).
- Son pocas las especies que alcanzan altos índices de valor de importancia, al igual que valores de área basal, característica que identifica a los bosques subtropicales.
- La ausencia o la baja frecuencia de disturbios favorece la estabilidad del sistema garantizando una gran biodiversidad de especies y la incorporación de las especies tolerantes a la sombra como *P. rhamnoides* y *C. multiflorum*, las cuales alcanzan el dosel superior definiendo así la estructura vertical del dosel.
- Los individuos se distribuyen de forma exponencial inversa (jota invertida) entre las clases diamétricas, existiendo una cantidad suficiente de individuos para reemplazar los árboles grandes que mueren o se extraen del rodal.
- El dosel superior del bosque está dominado por especies heliófilas *A. colubrina var cebil*, *A. urundeuva* y *P. excelsa*, y especies umbrófilas *P. rhamnoides* y *C. multiflorum*, y no hay presencia de las especies pioneras como *T. hieronymi*, que posee una elevada representatividad en el rodal.
- La escasa regeneración de las especies heliófilas en el rodal muestra la falta de disturbios grandes y periódicos.
- Las especies tolerantes presentan abundante regeneración indicando una tendencia de cambio hacia tipos estructurales maduros. Existe una escasa regeneración de las especies económicamente más valiosas.
- La gran heterogeneidad del rodal genera que las especies más preciadas comercialmente como *C. lilloi*, *A. cearensis*, *C. trichotoma* y *M. peruiiferum* posean una baja abundancia y frecuencia, y corran el riesgo de su extinción en el área, ante disturbios frecuentes o sobreexplotación forestal.
- Las especies con mayor potencial de aprovechamiento por su abundancia, ocupación del sitio y distribución vertical son las de mayor IVI, pero poseen un valor forestal secundario.

Sobre el crecimiento de las especies

- Los datos obtenidos son aptos para determinar tasas de crecimiento de las especies maderables y no maderables, con los cuales se estiman los turnos de corta y el volumen de aprovechamiento, que eviten la pérdida de la biodiversidad, de los bienes y servicios del bosque producidos por la sobreexplotación forestal.
- Si consideramos todas las especies presentes, los mayores incrementos diamétricos promedios se obtuvieron en los árboles de copa dominantes con 0,448 cm/año.
- Las especies forestales heliófilas poseen mayores incrementos diamétricos que las especies forestales umbrófilas.

- Las variables que tienen influencia sobre el crecimiento diamétrico de las especies son el tamaño de los individuos, la posición sociológica y la densidad del rodal. Esta última expresada en cantidad total de ind./ha, por ello los árboles dominantes son los de mayor crecimiento, existiendo una tendencia que, al disminuir la densidad del rodal, aumente el crecimiento.
- La variación del crecimiento en diámetro normal, entre especies y dentro de la misma especie es tan amplia, que deben considerarse otros aspectos como la calidad de sitio para lograr un mejor ajuste de futuros modelos.
- Las especies nativas de mayores crecimientos diamétricos son *C. balansae* (cedro Orán), *A. colubrina* (cebil colorado), *A. urundeuva* (urundel) y *M. peruiferum* (Quina). Estas se presentan como promisorias para procesos científicos-tecnológicos de domesticación y apropiadas a aplicación de tecnología (riego presurizado y fertilización) con el objetivo de producir madera de calidad y evitar la sobreexplotación del bosque nativo.
- El modelo obtenido servirá para predecir el tiempo en obtener los DMC, los turnos de corta, la producción corriente y futura, lo cual es vital para preservar los bienes y servicios del sistema.
- Los planes de manejo forestal deben incluir el manejo de la densidad del rodal para favorecer los individuos de mayor tamaño y dominantes, con lo cual se puede disminuir el tiempo en obtener el DMC.
- La función de crecimiento diamétrico obtenida permitirá la predicción del crecimiento bajo distintas alternativas silvícolas, de manera que sea factible determinar la existencia en área basal y volumen a una edad dada de un rodal disetáneo bajo distintas alternativas de manejo para el sitio considerado. Cabe remarcar la necesidad de ampliar la base de datos para extender la aplicabilidad del modelo a otras situaciones.
- Los resultados obtenidos corresponden a datos tomados para un primer período de remediación, por lo que es necesario continuar con el registro de los datos dasométricos para observar los cambios en el crecimiento durante un tiempo de mayor duración.

Sobre la Dinámica poblacional de las especies

- La dinámica del bosque climácico está determinada por la formación de claros que generan cambios en las condiciones de la intensidad de luz que ingresa al perfil vertical y al sotobosque.
- El factor más limitante y determinante en la dinámica del bosque es la luz, más que el tamaño del individuo y la ocupación del sitio.
- La mortalidad disminuye en los individuos de mayor tamaño y que reciben mayor cantidad de luz en su copa.
- Las mayores tasas de tránsito o pasaje se evidencian en los individuos de las clases diamétricas intermedias o en aquellos que se encuentran en estratos sociales superiores con mejores condiciones de captar luz en sus copas.
- Los resultados apoyan el hecho que los bosques subtropicales son menos diversos y dinámicos que los bosques húmedos tropicales, por lo que en su manejo debe considerarse su fragilidad y los problemas que tienen para la regeneración de las especies heliófilas en particular.

Sobre la Variación espacial de la estructura forestal

- El área basal manifestada en ocupación o densidad del sitio forestal expresado en m^2/ha o $\text{ind.}/\text{ha}$, incide directamente sobre los incrementos diamétricos de los individuos de las especies de mayor valor forestal. También lo hace sobre la mortalidad de individuos y las incorporaciones de nuevos individuos a la clase diamétrica inferior. Al aumentar el área basal total del rodal, directamente disminuyen los incrementos diamétricos y la incorporación de individuos a la clase diamétrica inferior y aumenta la mortalidad de individuos.
- Los individuos de todas las clases diamétricas aumentan su crecimiento diamétrico al reducir el área basal del sitio.
- Los individuos dominantes manifiestan mayor crecimiento diamétrico que los suprimidos al reducirse el área basal del sitio forestal.
- La cantidad de individuos incorporados a la clase diamétrica inferior disminuyen a medida que aumenta la ocupación del sitio.

Sobre las Modificaciones sobre turno de corta

- La disminución de la densidad de especies no maderables favorece el crecimiento diametral de las especies de valor forestal, hasta una densidad del rodal de 100 $\text{ind.}/\text{ha}$ de especies no maderables. A una densidad menor el crecimiento diamétrico aumenta en menor proporción debido a la ausencia del estímulo de la competencia intra e interespecífica.
- Los crecimientos obtenidos al disminuir la densidad de las especies no maderables no logran disminuir significativamente los turnos de corta de las especies de valor forestal.
- Los crecimientos obtenidos al disminuir la densidad de las especies no maderables aumentan significativamente el crecimiento diamétrico de las especies de valor.
- El aprovechamiento por DMC debe planificarse con varios años de anterioridad y deben realizarse previamente tratamientos silviculturales de liberación y disminución de lianas en árboles de futura cosecha.

Sobre la Proyección de la estructura forestal

- El tipo de intervención influye directamente en la evolución de la estructura diamétrica del rodal debido a que predispone a la instalación y reclutamiento de las especies pioneras o tardías.
- El tratamiento de liberación predispone al crecimiento diamétrico de los individuos de las clases diamétricas intermedias y superiores.
- En la proyección del aprovechamiento forestal según DMC en 25 años, muestra que no se recupera el volumen aprovechable ni el área basal inicial.
- El aprovechamiento por DMC es inadecuado para este tipo de sistema boscoso.
- Los turnos de corta deben ser superiores a los 25 años para permitir la recuperación estructural de la Selva.
- La reserva de crecimiento expresada en volumen aprovechable es de $40 \text{ m}^3/\text{ha}$.

F. BIBLIOGRAFÍA

- Administración de Parques Nacionales. Sistema de información de biodiversidad (APN-SIB). 2005. Resultados del primer taller para la conservación del monumento natural nacional Yaguareté en la Argentina. www.parquesnacionales.gov.ar
- Abellanas, B., Abellanas, M. y Vilas, C. 2007. "VOREST: Modelización de bosques mediante diagramas de Voronoi", Actas de los XII Encuentros de Geometría Computacional, Universidad de Valladolid. España. pp. 8.
- Aguirre Calderón, O. A., Jiménez Pérez, J., Kramer, H. y Akca, A. 2003. Analisis estructural de ecosistemas forestales en el Cerro del Potosí, Nuevo León, México. Revista Ciencia UANL, VI (2): 45-54.
- Araujo, P. A. 2005. Bases para la gestión sostenible de Bosques en Regeneración del Chaco Semiárido. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. España.
- Araujo, P. A., Juárez de Galíndez, M. y Iturre, M. 2007. Crecimiento de las especies principales de un bosque en regeneración del Chaco Santiagueño. Revista Quebracho, 14: 36-46.
- Atlas de los Bosques Nativos Argentinos (ABNA). 2005. Dirección de Bosques. Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Argentina.
- Arroyo Padilla, L. 1995. Estructura y composición de una isla de bosque y un bosque de galería en el Parque Nacional Noel Kempff Mercado. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. Santa Cruz, Bolivia.
- Aschero, V. 2006. Biología reproductiva e importancia de la polinización en *Cedrela lilloi*. Pp: 41-50 en Pacheco, S. y Brown, A. (eds). Ecología y producción de cedro (género *Cedrela*) en las Yungas australes. Ediciones del Subtropico. Argentina.
- Ayarde, H. 1995. Estructura de un sector de Selva Pedemontana. Reserva Fiscal Parque La Florida, Tucumán (Argentina). Pp: 69-78 en Brown, A. D. y Grau, H. R. (eds). Investigación, conservación y desarrollo en Selvas subtropicales de montaña. Eds. Brown A. D. y H. R. Grau. Ediciones LIEY. Argentina.
- Badinier, C., Malizia, L. y Eliano, P. 2009. Definición de criterios y líneas prioritarias de acción para el manejo de las Selvas subtropicales de montaña (Yungas) del noroeste de Argentina. Actas de las VII Jornadas Científico-técnicas, FCA, UNJu. Jujuy. Argentina. pp. 124.
- Balducci, E.D., Arturi, M. F., Goya, J. F. y Brown, A. D. 2009. Potencial De Plantaciones Forestales en el Pedemontana de las Yungas. Fundación ProYungas. Ediciones del Subtropico. Argentina.
- Barchuk A. 2002. Tesis doctoral. Patrones de regeneración de las especies leñosas en el Chaco Árido con especial referencia a *Aspidosperma quebracho-blanco*. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- Barth S.R., Eibl, B., Palavecino, J. y Martínéz, A. 2008. Composición Florística y Estructura Del componente arbóreo de Bosques Remanentes de La Cuenca del Arroyo Elena –Eldorado – Misiones – Argentina. XIII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales. Misiones, Argentina. pp .45.
- Barth S.R., Fassola, H. E., Ferrere, P., Allegranza, D. y Pahr, N. 2010. Modelos de crecimiento y producción de *Eucalyptus dunnii* (maid) en la zona de garuhapé-Misiones. Actas X Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales - Facultad de Ciencias Forestales. Misiones, Argentina. pp. 21.

- Batista, W.B. 2006. Dinámica de poblaciones. Pp. 29-47 en Van Esso, M. (ed.), Ecología, Enseñanza con un Enfoque Novedoso. Editorial Facultad de Agronomía. Novedades Educativas. Buenos Aires.
- Bava, J. O. y P. M. López Bernal. 2006. Cortas de selección en grupo en bosques de lenga de Tierra del Fuego. Revista Quebracho, 13: 77-86.
- Bascope, S. F. y Jorgensen, P. M. 2005. Caracterización de un bosque montano húmedo: Yungas, La Paz. Revista Ecología en Bolivia, 40 (3): 365-379.
- Bertonatti, C. y Corcuera, J. (2000): Situación Ambiental Argentina 2000. Fundación Vida Silvestre. Buenos Aires, Argentina.
- Bianchi A. R. 1996. Temperaturas medias estimadas para la región Noroeste de Argentina. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Salta. Argentina.
- Biloni, J. S. 1990. Árboles autóctonos argentinos. Tipográfica Editora Argentina. Buenos Aires, Argentina.
- Bianchi A. R. y Yañez, E. 1992. Las precipitaciones en el Noroeste Argentino. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Salta. Argentina.
- Blundo, C. y Malizia, L. R. 2008. Impacto del aprovechamiento forestal en la estructura y diversidad de la Selva Pedemontana. Pp. 21 en Brown, A. D., Blendinger, P y Lomáscolo, T. Ecología, historia natural y conservación de la Selva Pedemontana de las Yungas Australes. Ediciones del Subtrópico. En prensa.
- Blundo, C., Malizia, L. R. y Pacheco, S. 2009. Red de Parcelas Permanentes en la Alta Cuenca del Río Bermejo: Diversidad, Uso y Conservación del Bosque. Actas XII Congreso Forestal Mundial. Bs. As., Argentina. pp. 110.
- Bolfor. 2003. Ciclos de Corta en Bosques Tropicales de Bolivia: Opciones basadas en Investigación sobre Manejo Forestal. Proyecto BOLFOR – The Forest Management Trust. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- Brassiolo, M. M. (1997) Zur Bewirtschaftung degradiertter Wälder im semiariden Chaco Nordargentiniens unter Berücksichtigung der traditionellen Waldweide. Tesis doctoral Univ. Albert-Ludwigs Freiburg, Alemania.
- Brassiolo, M. M. y Pokorny, B. (2000) Crecimiento de plantas jóvenes de quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis quebracho-colorado*). Revista Quebracho, 8: 64 – 69.
- Brassiolo, M. M. 2004. Los Bosques del Chaco Semiárido- Propuestas para la conversión de bosques degradados. Revista IDIA XXI, 7: 23–28.
- Braun Wilke, R. H. 2001. Carta de Aptitud ambiental de la Provincia de Jujuy. Colección: Arte y Ciencia. Red de Editoriales Universitarias Nacionales. Jujuy, Argentina.
- Braun-Blanquet, J. 1979. Fitosociología-Bases para el Estudio de las Comunidades Vegetales. Blume, Madrid, España.
- Brienen, R., Zuldema, P. y Gómez, J. 2003. Recuperación del Volumen de madera bajo diferentes ciclos de corta: resultados de simulaciones para seis especies maderables en el norte de Bolivia. Programa Manejo de Bosques de la Amazonia Boliviana. Informe técnico n° 9. Riberalta. Beni, Bolivia.
- Brown, A. D., Chalukian, S. C. y Malmierca, L. M.. 1985. Estudios Florística-Estructural de un Sector de la Semidecidua del Noreste Argentino. 1. Composición florística, densidad y diversidad. Revista Darwiniana, 26 (1-4): 27-32
- Brown, A. D. 1986. Autoecología de bromelias epífitas y su relación con *Cebus apella* (Primates) en el noroeste argentino. Tesis doctoral Universidad Nacional de La Plata. Argentina.

- Brown, A. D. y Ramadori, E. D. 1989. Patrón de distribución, diversidad y características ecológicas de especies arbóreas de las Selvas y bosques montanos del noroeste de la Argentina. Actas VI Congreso Forestal Argentino. pp. 177.
- Brown, A.D. 1995 a. Fitogeografía y conservación de las Selvas de montaña del noroeste de Argentina. Pp. 663-672 en Churchill, S.P.; Baslev, H.; Forero, E. y Luteyn, J. L. (eds.) Biodiversity and conservation of Neotropical Montane Forest. The New York Botanical Garden, New York.
- Brown, A.D. 1995 b. Las Selvas de Montaña del noroeste de Argentina. problemas ambientales e importancia de su conservación. Pp. 9-18 en Brown A. D. y Grau H. R. (eds.) Investigación, conservación y desarrollo en Selvas subtropicales de montaña. Tucumán. Argentina.
- Brown, A.D.; H.R. Grau; L.R. Malizia y A. Grau. 2001. Los Bosques Nublados de la Argentina. Pp. 623-659 en Kappelle, M y Brown, A. D. (eds.) Bosques Nublados de Latinoamérica. Editorial INBIO. Costa Rica.
- Brown, A. D. y Kappelle, M. 2001. Introducción a los Bosques nublados del Neotrópico: una síntesis regional. Pp. 25-45 en Kappelle, M. y Brown, A. D. (eds.) Bosques Nublados de Latinoamérica. Editorial INBIO. Costa Rica.
- Brown, A. D., Grau, A.; Lomáscolo, T. y Gasparri, N. I. 2002. Una estrategia de conservación para las Selvas subtropicales de montaña (Yungas) de Argentina. Revista Ecotropicos, 15: 147-159.
- Brown, A. D. y Malizia, L.R. 2004. Las Selvas Pedemontanas de las Yungas: en el umbral de la extinción. Revista Ciencia Hoy, 14: 52-63.
- Brown A. D., Pacheco, S., Lomáscolo, T. y Malizia, L. 2005. Situación Ambiental en los Bosques Andinos Yungueños. 21 p. Inédito.
- Brown, A. D. y Pacheco, S. E. 2006. Importancia del género *Cedrela* en la conservación y desarrollo sustentable de las Yungas australes. Pp: 9-18 en Pacheco, S. y Brown, A (eds.) Ecología y producción de cedro (género *Cedrela*) en las Yungas australes. Ediciones del Subtropico. Argentina.
- Brown, A. D. y L. R. Malizia. 2007. Lista comentada de árboles de las Yungas de Argentina. Fundación ProYungas. Tucumán, Argentina.
- Buitrago, G. L. 2002. El clima de la Provincia de Jujuy. Editorial Unju. Jujuy, Argentina.
- Cabrera, A. L. 1976. Enciclopedia Argentina de agricultura y jardinería. Regiones fitogeográficas Argentinas. Fascículo 1. Editorial Acme. Bs. As, Argentina.
- Caldato, S. I., Durlo, M. A. y Longhi, S. J. 2000. Análisis de la ocurrencia de *Ocotea porosa* (Lauraceae) a través del método de regresión logística. Revista Bosque, 21(2): 27-36.
- Cantillo, E. 2001. Diversidad y caracterización florística y estructural de la vegetación en la zona de captación de aguas de la microcuenca El Tigre. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Campos, J.C., Ribeiro, J.C. y Cout, L. 1983. Emprego da distribuição diamétrica na determinação da intensidade de corte em matas naturais submetidas ao sistema de seleção. Revista ARVORE 7(2): 110 – 122.
- Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola. 1999. Guías teóricas y prácticas de clase. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta. Salta, Argentina.
- CATIE. 2001. Silvicultura de Bosques Latifoliados Húmedos con énfasis en América Central. Serie Técnica. Manual Técnico n° 46. Costa Rica.

- Chalukian, S. C. 1991. Regeneración, Sucesión y plantas invasoras en un bosque de Yungas, Salta-Argentina. Universidad nacional de Salta. Programa Regional en manejo de vida Silvestre para Mesoamérica y el Caribe. Tesis de magister. Costa Rica.
- Corvalán, P. y Hernández, J. 2006. Apuntes teóricos, Cátedra de Dasometría. Depto. Manejo de Recursos Forestales. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile.
- Condit, R. 1998. Field guide for tropical forest census plots: methods and results from Barro Colorado Island, Panama and a comparison with other plots. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Contreras, F., Leño, C., Licona, J. C., Dauber, E., Gunnar, L., Hager, N. y Caba, C. 1999. Guía para la Instalación y Evaluación de Parcelas Permanentes de Muestra. Bolfor. Santa Cruz, Bolivia.
- Cozzo, D. 1988. Introducción a una propuesta de plantaciones asilvestradas como alternativa de transacción entre la economía maderera y la protección ambiental. Cátedra Dasonomía, Facultad de Agronomía UBA. Buenos Aires.
- Cramer, V. A. 2007. What's new about old fields? Land abandonment and ecosystem assembly. Trends in ecology and evolution, 23 (2): 1-12 p.
- Curtis, H. y Macintosh, R. 1951. An upland forest continuum in the prairie forest with special reference to Uganda. Imperial Forestry Institute, G.B.
- Daniel, T. W., Helms, J. A. y Backer, F. S. 1982. Principios de silvicultura. Segunda Edición. Mc Graw-Hill Book, Mexico.
- Danserau, P. 1951. Description and recording of vegetation upon a structural basis. Ecology, 32(2): 172-229.
- Dauber, E. 2003. Modelo de simulación para evaluar las posibilidades de cosecha en el primer y segundo ciclo de corta en bosques tropicales de Bolivia. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible. Documento Técnico 128. Bolfor. Bolivia.
- De Noir F. A., Bravo, S. y Abdala, R. 2002. Mecanismos de dispersión de algunas especies de leñosas nativas del Chaco Occidental y Serrano. Revista Quebracho, 9: 140-150.
- Del Castillo E. M., M. A. Zapater, M. N. Gil y J. Saravia Toledo. 2001. Estudio autoecológico en especies de maderas preciosas de la Selva subtropical del noroeste argentino. Actas V Congreso Latinoamericano de Ecología. Facultad de Ciencias Agrarias. UNJU. Jujuy, Argentina. pp 8.
- Del Castillo, E. M. 2005. Selva de Yungas del NOA (Jujuy, Salta, Tucumán). Recuperación ambiental y productiva. 1º Ed. INTA. Jujuy, Argentina.
- Del Castillo, E.M.; M.A. Zapater y M. Norma Gil. 2006. Resultados comparativos de plantaciones experimentales de *Cedrela balansae* en INTA - Yuto, Jujuy. Pp. 179-192 en Pacheco, S. y Brown, A Ecología y producción de Cedro (género *Cedrela*). Ediciones del Subtropico. Argentina.
- Díaz, B., Peri, P. y Martínez Pastur, G. 1998. Crecimiento diamétrico en bosques de lenga en sitios de calidad IV de Patagonia Sur. Actas Primer Congreso Latinoamericano de IUFRO. Valdivia. Chile.
- Digilio, A.P. y Legname, P.R. 1966. Los árboles indígenas de la Provincia de Tucumán. Opera Lilloana 15. Tucumán, Argentina.
- Dimitri, M. J. y Biloni, J. S. 1974. Libro del Árbol. Tomos I, II y III. Celulosa Argentina. Bs. As.

- Dimitri M. J., Leonardis, R. F. J. y Biloni, J. S. 2000. El nuevo libro del árbol. Tomos I y II. Editorial El Ateneo. Buenos Aires, Argentina.
- Eliano, P; L. R. Malizia y C. Badinier. 2009. Diámetro Óptimo de Utilización: complemento al diámetro mínimo de corta para los bosques nativos del N.O. Argentino. Actas XIII Congreso Forestal Mundial. Buenos Aires, Argentina. pp. 42-45.
- Eliano, P; Malizia, L. R. y Badinier, C. 2009. Manejo Forestal Sustentable en Yungas. Protocolo para el desarrollo de un plan de manejo forestal e implementación en una finca piloto. Fundación ProYungas. Ediciones del Subtropico. Jujuy, Argentina.
- Encina Domínguez, J. A., Encina Domínguez, F.J., Matarocha, E. y Valdés Reyna, J. 2008. Aspectos estructurales, composición florística y Caracterización ecológica del bosque de Oyamel de la sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 83: 13-24.
- FAO. 2010. Casos ejemplares de manejo forestal sostenido en America Latina y El Caribe. Santiago de Chile. Chile.
- Faraway, J.F. (2006). Extending the Linear Model with R, Generalized Linear, Mixed Effects and Nonparametric Regression Models. Chapman & Hall/CRC. USA.
- Fassola H.E., Ferrere, P., Rodriguez, F., Allegranza, D., Hernández, A., Durán, M. y Reboratti, H. 1999. Crecimiento de árboles dominantes en fase juvenil de *Pinus taeda* L en el NE de Corrientes sometidos a distintos tratamientos silvícolas. Informe Final PIA n° 20/96 "Manejo Intensivo de *Pinus taeda* L.". Inédito
- Fernández F.D., Hernández Fernández, L. y Díaz, J. F. 2005. Capacidad competitiva de las especies forestales de los Bosques Semidecíduos en la Biosfera Peninsular De Guanahacabibes. Revista Baracoa 29: 34-46.
- Finegan, B. y Guillén, L. 1996. Lineamientos para la investigación a largo plazo en parcelas permanentes de muestreo: documento para discusión. Proyecto CIFOR-CATIE Manejo de bosques secundarios en América Tropical. Costa Rica.
- Finol, U. H. 1971. Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de la Selvas vírgenes tropicales. Revista Forestal Venezolana 14 (21): 29 - 42.
- Fredericksen, T.S., F. Contreras, and W. Pariona. 2001. Guía de silvicultura para bosques tropicales de Bolivia. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Fundación ProYungas 2006. Ecología y producción de cedro (género *Cedrela*) en las Yungas australes. Ediciones del Subtropico. Tucumán. Argentina.
- Gadow, K.V., Rojo, A., Álvarez González, J. G. y Rodríguez, R.. 1999. Ensayos de crecimiento. Parcelas permanentes, temporales y de intervalo. Revista Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales, 1: 299-310.
- García, O. 1994. El enfoque del espacio de estados en modelos de crecimiento. Canadian Journal of Forest Research, 24 pp: 1894-1903.
- Gasparri, N. I. y Manghi, E. Estimación de Volumen, Biomasa y Contenido de Carbono De Las Regiones Forestales Argentinas-Informe final. Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Argentina.
- Gasparri, N.I. y J. F. Goya. 2006. Modelos de crecimiento de *Cedrela lilloi* en el sector norte de las Yungas argentinas. Pp. 105-116 en Pacheco, S. y Brown, A. (eds.) Ecología y producción de Cedro (género *Cedrela*). Ediciones del Subtropico. Argentina.

- Gasparri, N.I. y Grau, H.R. 2006. Patrones regionales de deforestación en el Subtrópico argentino y su contexto ecológico y socioeconómico. Pp. 442-446 en Brown, A.D., Martínez Ortiz, U., Acerbi, M. y Corcuera, J. (eds.) La Situación Ambiental de la Argentina. Fundación Vida Silvestre Argentina..
- Gauto, A.O., Grance, L.A., Maiocco, D.C. y Figueiredo Filho, A. 1996. Crecimiento de la masa de bosque nativo en la reserva forestal Guaraní (Misiones). Revista Yvyrareta, 7: 5-10.
- Gentry, A. H. 1995. Patrones de diversidad y composición florística en los bosques de las montañas Neotropicales. Pp. 85-123 en Kappelle, M. y Brown, A. D. Bosques Nublados de Latinoamérica.. Editorial INBio, Costa Rica..
- Gibson, 2002. Methods in comparative plant population ecology. Oxford University Press. Oxford.
- Gómez-Pompa, A y FW Burley. 1991. The management of tropical forests. Pp. 3-20 en Gómez-Pompa, A., Whitmore, T. C. y Hadley, M. (eds). Rain forest regeneration and management. UNESCO y The Parthenon Publishing Group. París.
- Grau, H. A. y Brown, A. D. 1995. Patterns of tree species diversity along latitudinal and altitudinal gradients in the Argentinean subtropical montane forests. Pp. 45-64 en Churchill, S. P. H., Balslev, H., Forero, E and Luteyn, J. L. (eds.) Biodiversity and conservation of neotropical montane forests. New York.
- Grau, H. R. y Pacheco, S. 1997. Demografía y crecimiento de renovales de *Cedrela lilloi* en un bosque subtropical de montaña de Tucumán, Argentina. Laboratorio de investigaciones ecológicas de las Yungas – LIEY, Argentina.
- Grau HR. 2005. Dinámica de bosques en el gradiente altitudinal de las Yungas Argentinas. Pp.34-42 en Arturi, M., Frangi, J. y Goya, J. (eds) Ecología y Manejo de los Bosques Argentinos. Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- Grubb, P.J. 1974. Interpretation of the "massenerhebung" effect on tropical Mountains. Journal Nature 229: 44-45.
- Grulke, M., Brassiolo, M. y Obst, K. 2008. Manual de Buenas Prácticas Forestales para el manejo de Bosque nativo en la Yungas. COMPYMEFO. Salta. Material provisorio en prensa.
- Guía Para La formulación de Planes de Manejo Forestales Sostenible de los Bosques Nativos en la Provincia de Jujuy (GMSJ). 2010. Proyecto Piloto: Ley 26.331. Secretaría de Recursos Naturales. Ministerio de Producción y Medio Ambiente. Cartilla de Divulgación. Jujuy, Argentina.
- Guzmán-Gutiérrez, R.A. 2001. Clasificación de especies forestales en gremios ecológicos en el Bosque Seco de Lomerío, Santa Cruz, Bolivia. Pp. 79-97 en Mostacedo, B. y Fredericksen, T. S. (eds.) Regeneración y Silvicultura de Bosques tropicales de Bolivia. BOLFOR. Bolivia.
- Horlent, M. y D. Monteverde. 2006. Crecimiento de *Cedrela balansae* en la plantación experimental de Valle Morado. Pp. 171-178 en Pacheco, S. y Brown, A. (eds.) Ecología y producción de Cedro (género *Cedrela*). Argentina.
- Hosokawa, R. T. (1987) Estrutura e manejo de floresta natural em regime de rendimento sustentado. Curso de Atualização em manejo florestal. Curitiba, BR.
- Hueck, K. 1978. Los bosques de Sudamérica (ecología, Composición e importancia económica). Sociedad Alemana de Cooperación Técnica, Berlín, Alemania.
- Humano, C. A. 2007. Viverización de especies nativas. Actas II Foro de la Montaña. Tilcara. Jujuy. Argentina. pp.12.

- Johns, R.J. 1992. The influence of deforestation and selective logging operations on plant diversity in Papua New Guinea. Pp. 56-62 en Withmore, T.C. y Sayers, J. A. (eds.) Tropical deforestation and species extinction. Chapman and Hall and the World Conservation Union. USA.
- Justiniano M. J. y T. S. Fredericksen. 1998a. Ecología y silvicultura de especies menos conocidas. Curupaú (*Anadenanthera colubrina*) Mimosoideae. BOLFOR. Santa Cruz. Bolivia.
- Justiniano M. J. y T. S. Fredericksen. 1998b. Ecología y silvicultura de especies menos conocidas. Cuta (*Phyllostylon rhamnoides*) Ulmaceae. BOLFOR. Santa Cruz. Bolivia.
- Kulermeyer, J. A. 2004. Sobre los primeros dueños de las Selvas Pedemontanas de Yungas. Revista Ciencia Hoy, 14:52-63.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas. GTZ. Alemania.
- Leaño, C. y P. Saravia. 1998. Monitoreo de parcelas permanentes de medición en el Bosque Chimanes. Documento Técnico 67/1998. Bolfor. Santa Cruz. Bolivia.
- Legname, P.R. 1982. Árboles indígenas del Noroeste Argentino. Opera Lilloana 34. Tucumán, Argentina.
- Lieberman, M y D. Lieberman. 1985. Simulation of Growth curve from periodic increment data. Ecology 66 (2): 632-635.
- Lillo, M. 1919. Reseña Fitográfica de la Provincia de Tucumán. Actas I Reunión de la Sociedad Argentina de Ciencias Naturales. Tucumán. pp. 21.
- López A., E. Bicerri y E. Díaz. 2006. Perfil ecológico de cuatro rodales de Camu Camu árbol *Myrciaria floribunda* (H. WEST. EX WILLD) O BERG en Ucuyali. Revista Ecología Aplicada 2 (5): 45-52.
- López L., R. Villalba y M. Peña Claros. 2012. Ritmos de crecimiento diamétrico en los bosques secos tropicales: aportes al manejo sostenible de los bosques de la Provincia biogeográfica del Cerrado Boliviano. Bosque 33(2): 211-219.
- Louman, B. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Serie técnica, Manual técnico, N° 46. Cartago, Costa Rica.
- Mainardi V., Arce, O. E. y Ortín, A. 2005. Estudio cuantitativo de comunidades boscosas. Curso de Postgrado. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta. Salta. Argentina.
- Malizia, L.R. 2004. Diversity and distribution of tree species in subtropical andean forests. Tesis Grado Doctoral. Program in Ecology, Evolution and Systematics. University of Missouri , St. Louis. USA.
- Malizia, L.R., Blundo, C. y Pacheco, S. 2006. Diversidad, estructura y distribución de bosques con cedro en el noroeste de Argentina y sur de Bolivia. p.: 83-103 en Pacheco, S. y Brown, A. (eds.) Ecología y producción de cedro (género *Cedrela*) en las Yungas australes. Ediciones del Subtropico. Argentina.
- Man and Biosphere - Reserva de la Biosfera - Argentina (MAB) 2004. Programa "El Hombre y la Biosfera". Comité MAB Argentino. UNESCO. www.medioambiente.gov.ar/mab/reservas.htm
- Manrique, S. M. 2001. La Selva Pedemontana en fragmentos: ¿Mantienen los parches remanentes las características del ecosistema continuo?. Tesina de Grado Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Naturales. U.N.Sa. Salta. Argentina.

- Mármol, L.A. 1995. Enriquecimiento forestal de Selva degradada en las Yungas de Yuto (Prov. De Jujuy). Pp. 85-92 en Brown, D. A. y Grau, H. R. (eds.) Investigación, conservación y desarrollo en Selvas Subtropicales de Montaña. Tucuman, argentina
- Martínez Pastur, G., Lencinas, M. V., Cellini, J. M., Diaz, B., Peri, P. y Vukasović, R. 2002. Herramientas disponibles para la construcción de un modelo de producción para la lenga (*Nothofagus pumilio*) bajo manejo en un gradiente de calidad de sitio. *Revista Bosque*, 23(2): 69-80.
- Martínez Pastur, G., Cellini, J. M., Lencinas, M. V., Vukasovic, R., Vicente, R., Bertolami, F. y Giunchi, J. 2001. Modificación del crecimiento y de la calidad de fustes en un raleo fuerte de un rodal en fase de crecimiento óptimo inicial de *Nothofagus pumilio*. *Revista Ecología Austral*, 11:95-104.
- Martínez Pastur, G., Lencinas, M. V., Vukasovic, R., Peri, P., Díaz, B. y Cellini, J. m.. 2004. Turno de corta y posibilidad de los bosques de lenga (*Nothofagus pumilio*) en Tierra del Fuego (Argentina). *Revista Bosque*, 25 (1): 29-42.
- Martínez, S. M. y Andrade, D. J. 2006. Guía de Árboles nativos de la Provincia de Salta. Secretaria de cultura de la Provincia de Salta. CFI. Salta. Argentina.
- Mateucci, S.D. y Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Monografía Científica N° 22, Serie de Biología, Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington DC. USA.
- Meyer, A. H.; Recknagel, A. B.; Stevenson, D. D. y Bartoo, R. A. (1961) *Forest Management*. Segunda Edición. The Ronald Press Company. New York.
- Meza, V; Mora, F; Chaves, E; Fonseca, W. 2003. Crecimiento y edad del bosque natural con y sin manejo en el Trópico húmedo de Costa Rica. *Actas Primer Congreso Forestal sobre silvicultura del bosque húmedo*. INISEFOR-UNA, 30-31 de Julio y 1 de Agosto. Heredia, Costa Rica. pp. 10.
- Minetti, J.M. 2006. Aprovechamiento forestal de cedro en las Yungas de Argentina. pp. 143-154 Pacheco, S. y Brown, A. (eds.) *Ecología y producción de cedro (género Cedrela) en las Yungas australes*. Ediciones del Subtropico, Argentina
- Mingramm, A. y Russo, a. 1972. Sierras Subandinas y Chaco Salteño. *Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias. Córdoba. Argentina.
- Morales, J.M.; J. Sirombra y A.D. Brown. 1995. Riqueza de árboles en las Yungas argentinas. Pp. 157-162 en Brown, A.D. y Grau, H. R. (eds.) Investigación, conservación y desarrollo en Selvas Subtropicales de Montaña. Tucumán, Argentina
- Mori, S. y B. Boom. 1983. Ecological importance of Myrtaceae in an Eastern Brazilian wet forest. *Revista Biotropica* 15 (1): 68-70.
- Moscovich, F.A. 2004. Modelos de crecimiento y producción forestal. Informe Técnico 55/2004. INTA (EEA- Monte Carlos). Misiones, Argentina.
- Mostacedo, B. y T. S. Fredericksen. 2001. *Regeneración y Silvicultura de Bosques Tropicales en Bolivia*. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible Bolfor. Santa Cruz. Bolivia.
- Nadir, A. y Chafatinos, T. 1990a. Los suelos del NOA (Salta y Jujuy). Tomo 1. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta. Salta, Argentina.
- Nadir, A. y Chafatinos, T. 1990b. Los suelos del NOA (Salta y Jujuy). Tomo 2. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta. Salta, Argentina.
- Nadir, A. y Chafatinos, T. 1995. Los suelos del NOA (Salta y Jujuy). Tomo 3. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta. Salta, Argentina.

- Nebel G., L. P. Kvist, J. K. Vanclay y H. Vidaurre. 2001. Forest dynamics in flood plain forests in the Peruvian Amazon: effects of disturbance and implications for management. *Forest Ecology and Management* 150: 79-92.
- Newton, A. C. 2007. *Forest Ecology and Conservation*. Oxford University Press. Oxford. GB.
- OEA. 1974. Cuenca del río de la plata - Estudio para su planificación y desarrollo República Argentina - República de Bolivia - Cuenca del río Bermejo I – Alta cuenca. Unidad Técnica Durante El Período 1970-1973 Gobierno de Argentina - Gobierno de Bolivia. Departamento de Desarrollo Regional de la OEA, Argentina.
- Oliver, C.D. y B.C. Larson. 1996. *Forest stand dynamics*. Wiley. New York. USA.
- Ogden, J. 1981. Dendrochronological studies and the determination of tree ages in the Australian Tropics. *Journal of Biogeography* 8: 405-420.
- Osmaton, H. A. 1956. Determination of age/girth and similar relationships in tropical forestry. *Empire Forestry Review* 35: 193-197.
- Pacheco S. y Brown A. D. 2006. La biodiversidad de la ecorregión de las Yungas ¿Es sustentable a largo plazo? En *La situación ambiental argentina 2005*. Fundación Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires, Argentina.
- Pacheco S. y Brown A. D. 2006. Ecología y producción de cedro (género *Cedrela*) en las Yungas australes. Fundación ProYungas. Ediciones del Subtropico. Argentina.
- Pacheco, S. y A. Yapur. 2006. Fenología de dos especies de cedro en un gradiente altitudinal del Parque Nacional Calilegua, Jujuy. Pp. 31-40 en Pacheco, S. y Brown, A (eds.) *Ecología y producción de cedro (género Cedrela) en las Yungas australes*. Ediciones del Subtropico. Argentina.
- Pariona, W. 2001. Regeneración natural después del aprovechamiento forestal en fajas en un Bosque tropical de Bolivia. Pp. 185-204 en Mostacedo, B. y Fredericks, T. S. (eds.) *Regeneración y Silvicultura de Bosques tropicales de Bolivia*. BOLFOR. Bolivia.
- Peri, P.L. y Martínez Pastur, G. J. 1996. Crecimiento diamétrico de *Nothofagus pumilio* para dos condiciones de copa en un sitio de calidad media en Santa Cruz, Argentina. *Revista Investigación Agraria-Sistemas y Recursos Forestales*, 5 (2):13 p.
- Picchi, C.G., A. N. Chocovar y M. E. Lázzaro. 1994. Edad aproximada de las especies leñosas de Jujuy. *Actas VI Congreso Latinoamericano de Botánica*. IAWA. Mar del Plata. pp. 878
- Pinazo, M.A., Gasparri, N. I., Goya, J. F. y Arturi, M. F. 2003. Caracterización estructural de un bosque de pino del cerro (*Podocarpus parlatorei* Pilg.) y nogal criollo (*Juglans australis* Griseb.) en un sector de la Alta Cuenca del Río Bermejo. *Revista de Biología Tropical*, 51: 361-368.
- Pinazo, M.A. y Gasparri, N. I. 2003. Cambios estructurales causados por el aprovechamiento selectivo en el Bosque Montano del norte de Salta, Argentina. *Revista Ecología Austral*, 13:160-172.
- Prioridades de la Investigación Forestal Colaborativa en América Latina (PIFC). 1996. *Memorias Consulta Regional*. Ed. Carlos Sabogal. Manaus. Brasil.
- Plan de Manejo Parque Nacional Calilegua. Documento preliminar (PMNC). 2009. Administración de Parques Nacionales. Argentina.
- Plan de Ordenamiento Territorial Adaptativo- Para las áreas boscosas de la Provincia de Jujuy (POT). 2007. Convenio de trabajo Gobierno de Jujuy - Fundación ProYungas. Ediciones del Subtrópico. Jujuy, Argentina.

- Poorter L., Boot R., Hayashida-Oliver Y., Leigue J., Pena-Claros M. y Zuidema P. A. 2001. Estructura y dinámica de un bosque húmedo tropical en el norte de la amazonía boliviana. PROMAB, Informe Técnico No.2. Riberalta, Bolivia.
- Prado, D. E. 1995. Selva Pedemontana: contexto regional y lista florística de un ecosistema en peligro.. Pp. 19-52 en Brown A. D. y Grau, H. R. (eds.) Investigación, conservación y desarrollo en Selvas subtropicales de montaña. Tucumán, Argentina.
- Prodan, M., Peters, R., Cox, F. y Real, P. 1997. Mensura Forestal. GTZ/IICA. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible. San José, Costa Rica.
- Rangel, J. O. y G. Lozano. 1986. Un perfil de vegetación entre la Plata (Huila) y el volcán Puracé. Revista Caldasia, 14: 503-547.
- Rangel, J.O. y Velázquez, A. 1997. Métodos de estudio de la vegetación. Pp. 59-87 en J. O. Rangel-Ch, Lowy, P. y Aguilar, M. (eds.) Colombia. Diversidad biótica II: tipos de vegetación en Colombia. Instituto de Ciencias Naturales-IDEAM, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D. C.
- RESOLUCIÓN 081. 2009. Secretaría de Gestión Ambiental. Ministerio de Producción y Medio Ambiente. Jujuy. Argentina.
- R Development Core Team. 2007. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>.
- Red Yaguareté. 2005. Las Yungas - Descripción. <http://www.jaguares.com.ar>.
- Richards, F.J. 1959. A flexible growth function for empirical use. Journal of Experimental. Journal Botany, 10: 290-300.
- Rollet, B. 1980. Organización en ecosistemas tropicales. Informe UNESCO – PNUMA–FAO. Madrid, España.
- Romano, M. 2004. Los recursos forestales de la Selva Pedemontana. Revista Ciencia Hoy, 14: 52-63.
- Romano, N. 2007. Diferencias entre composición y estructura forestal en dos sitios de Selva de montaña en Salta, Argentina. Tesina de grado. Universidad Nacional de Salta. Salta, Argentina.
- Rosa, M. V. 2002. Estructura, composición florística y regeneración arbórea en zona Pedemontana de Yungas del noroeste argentino. Tesina de Grado Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Naturales. U.N.Sa. Salta. Argentina.
- Rodríguez, J. B. y Montero, J. C.. 2002. Estructura y Composición Florística de los Bosques en el Sector De Pando – Informe II. Documento Técnico 108/2002. Bolfor. Bolivia.
- Sachtler, M. 1977. Inventario y Desarrollo Forestal del Noroeste Argentino. Reconocimiento Forestal de la Región del Noroeste. PNUD. FAO. Informe Técnico 1. Roma, Italia.
- Sánchez, N. G. 1995. Clasificación de la Vegetación de la región de Lomerío en el Departamento de Santa Cruz, Bolivia. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible Bolfor. Santa Cruz. Bolivia.
- Secretaría de estado de Agricultura y Ganadería de la Provincia de Jujuy (SEAGJ). 1995. Características naturales, agrícolas, ganaderas y forestales de la Provincia de Jujuy. Dirección de Recursos Naturales y Renovables. Jujuy. Argentina.

- Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable (SRNyDS). 1998. Estudio Integral de la Selva Tucumano Boliviana. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas. Préstamo BIRF N° 4085-AR. Gerencia Técnica Bosques Nativos, Dirección de Bosques. Argentina.
- Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental (SDSyPA) (2001). Seminario Nacional "Normativa de Promoción para el Desarrollo Sustentable de las Masas Forestales Nativas". Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas. Argentina.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS). 2005. Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Informe Regional Selva Tucumano Boliviana. Proyecto bosques nativos y áreas protegidas. Préstamo BIRF 4085-AR. Argentina.
- Secretaría de Gestión Ambiental de la Provincia de Jujuy (SGAJ). 2012. Bases para el manejo sostenible de los Bosques Nativos de Jujuy. Fundación ProYungas. Incotedes. Gobierno de la Provincia de Jujuy. Jujuy. Argentina.
- Serrano Pacheco, M. 2003. Composición y estructura de bosques montanos subtropicales y sus implicaciones para la conservación y el manejo de los recursos forestales en la Serranía del Iñaño, Bolivia. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Silva, J. N. M. (1989) "The behaviour of the tropical rain forest of the brasilian amazon after logging". Green College, Oxford, Oxford Forestry Institute. Department of Plant Sciences. Tesis Ph. D. University of Oxford.
- Silva, J. S., A. J. Montoya, D. C. López y F. H. Hurtado. (2010). Variación florística de especies arbóreas a escala local en un bosque de tierra firme en la Amazonia colombiana. *Acta Amazonica* 40(1): 179-188.
- Silvertown, J. M. y J. Lovett-Doust. 1993. Introduction to plant population biology. Blackwell scientific Publications. Oxford. GB.
- Smithers, L. A. 1949. The Dwight co-frequency principle in diameter growth analysis. *Journal Silviculture Research Note*, 91: 24-31.
- Stadmuller, T. 1987. Los bosques nublados en el trópico húmedo. Centro Científico de investigación y enseñanza (CATIE). Costa Rica.
- Toledo, M., Fredericksen, T., Licona, L. C. y Mostacedo, B. 2001. Impactos del aprovechamiento forestal en la flora de un bosque semideciduo pluviestacional de Bolivia. Documento Técnico 106/2001. Bolfor. Bolivia.
- Torres Rojo, J. M. 2000. Sostenibilidad del volumen de cosecha calculado con el método mejicano de ordenación de montes. Toluca. México. *Revista Maderas y Bosques* 6 (2): 57-72.
- Tortorelli, L.A. 1956. Maderas y Bosques Argentinos. Acme Agency Press, Buenos Aires, Argentina.
- Trejo, C. J. (2003) "Modelo de Proceso de Software Aplicable en Ingeniería del Software y en Ingeniería del Conocimiento. Su Validación en un Sistema de Simulación para el Manejo Forestal de Bosques del Chaco Semiárido. Trabajo Final de Graduación de la carrera de Licenciatura en Informática de la Universidad Nacional de Santiago del Estero. Inédito.
- Uslar, Y. V, Mostacedo, B. y Saldías, M. 2004. Composición, Estructura y Dinámica de un Bosque Seco Semideciduo en Santa Cruz, Bolivia. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible. Documento Técnico 114. Bolfor. Bolivia.

- Valdora, E. E. y Soria, M. B. 1999. Árboles de interés forestal y ornamental para el noroeste argentino. Laboratorio de Investigaciones Ecológicas de las Yungas. Tucumán, Argentina.
- Valerio, J. 1996. Prácticas silviculturales aplicadas en america tropical. Informe Tecnico 34. Bolfor. Santa Cruz. Bolivia.
- Vanclay, J.K. 1994. Modelling Forest Growth and Yield: Applications to Mixed Tropical Forests. CAB International, Wallingford, U.K.
- Vázquez Yanes, C. y Orozco Segovia A. 1992. El Bosque Lluvioso en América Tropical: Dinámica Forestal, Reforestación, Manipulación de las Semillas y Problemas de Manejo. Journal Tree planter's notes, 2: 119-124.
- Ventura, B. 1991. Síntesis de las investigaciones arqueológicas en el sector norte de las Selvas occidentales. Revista Arqueología, 1: 51-73.
- Villalba, R. 1995. Estudios dendrocronológicos en la Selva subtropical de montaña: implicancias para su conservación y desarrollo. Pp. 59-68 en Brown, A. D. y Grau, H. R. Investigación, conservación y desarrollo en Selvas subtropicales de montaña. Tucumán, Argentina.
- Villalba R., Delgado S., De Membiela M. y Mendoza D. 2006. Variabilidad interanual de los caracteres anatómicos en el leño de *Cedrela lilloi* en el noroeste de Argentina. Pp. 69-83 en Pacheco, S. y Brown, A (eds.) Ecología y producción de cedro (género *Cedrela*) en las Yungas australes. Ediciones del Subtropico. Tucumán, Argentina.
- Vervoost, F. 1982. Conservación de la Vegetación natural de la república Argentina. Serie: Conservación de la naturaleza- Fundación Miguel Lillo, 2: 19-24.
- Vormisto J.; O. L. Phillips; K. Ruokolainen; H. Tuomisto; R. Vásquez. (2000) Comparison of Fine-Scale Distribution Patterns of Four Plant Groups in an Amazonian Rainforest. Ecography 23 (3) : 349-359.
- Wadsworth, F. H. 2000. Producción forestal para América tropical. Servicio Forestal. Manual de agricultura 710-S. USDA. Washington DC.
- Weaver, P. L. 1979. The growth in several tropical forest of Puerto Rico. United States Service Research Paper SO, 152: 47-54.
- Webster, G. L. 1995. The panorama of neotropical cloud forest, Biodiversity and conservation of Neotropical Montane Forest. The New York Botanical Garden, New York.
- Wellenbeck, V. A. 2007. Evaluating Site Quality in Subtropical Montane Forests in North Western Argentina. Master Thesis. Georg-August-Universität Göttingen. Alemania.
- Wenzel, M. y H. Hermann. 1998. Regeneración de las principales especies arbóreas del Chaco Húmedo Argentino. Revista Quebracho, 6: 5 – 18.
- Wengui Su y Mackey Brendan. 1997. A Spatially Explicit and Temporal Dynamic simulation Model of Forested Landscape Ecosystems. Proceedings of modelling and simulation, 97: 1635-1640.
- Yrjö Svola. 1975. Cubicación de árboles en el inventario forestal del noroeste argentino. Documento de trabajo N°20. FAO:DP/ ARG/70/536. Salta, Argentina.
- Zapater, M.A.; E.M. Del Castillo y T.D. Pennington. 2004. El género *Cedrela* (Meliaceae) en la Argentina. Revista Darwiniana 42 (1-4): 347-356.

G.- Apéndice

Cuadro 69. Especies de alto valor forestal encontradas en las parcelas. La clasificación de valor comercial de Del Castillo et al (2001), Rosa (2002), Del Castillo (2006), Minetti (2006), Brown y Malizia (2007) y Eliano et al. (2009).

Familia	Especie	Nombre común	Valor forestal
Anacardiaceae	<i>Astronium urundeuva</i>	Urundel	Valiosa
	<i>Schinopsis lorentzii</i>	Quebracho colorado	Valiosa
Bignoneaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacaranda	Valiosa
	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	Lapacho rosado	Valiosa
	<i>Tabebuia ochracea</i>	Lapacho amarillo	Valiosa
Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i>	Afata	Valiosa
Combretaceae	<i>Terminalia triflora</i>	Lanza amarilla	Poco valiosa
	<i>Amburana cearensis</i>	Roble criollo	Muy valiosa
Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Cebíl colorado	Valiosa
	<i>Caesalpinia paraguariensis</i>	Guayacán	Valiosa
	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Pacará	Poco valiosa
	<i>Gleditsia amorphoides</i>	Coronillo	Poco valiosa
	<i>Myroxilom peruiferum</i>	Quina	Muy valiosa
	<i>Parapiptadenia excelsa</i>	Horco cebíl	Poco valiosa
	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa blanca	Valiosa
Meliaceae	<i>Cedrela balansae</i>	Cedro orán	Muy valiosa
Moraceae	<i>Chlorophora tinctoria</i>	Mora	Valiosa
Rubiaceae	<i>Calycophyllum multiflorum</i>	Palo blanco	Valiosa
Ulmaceae	<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	Palo amarillo	Valiosa

Cuadro 70. Especies raras de la Selva Pedemontana de Yungas.

Familia	Especie	Nombre común	valor forestal
Achatocarpaceae	<i>Achatocarpus praecox</i>	Palo tinta	Poco valiosa
Asteraceae	<i>Cnicothamnus lorentzii</i>	Azafrán	Sin valor
	<i>Dasyphyllum brasiliensis</i>		Sin valor
	<i>Eupatorium saltense</i>	Malvón	Sin valor
Bignoneaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacaranda	Valor potencial
Capparidaceae	<i>Capparis retusa</i>	Sacha poroto	Sin valor
Caricaceae	<i>Carica quercifolia</i>	sacha higuera	Sin valor
Elaeocarpaceae	<i>Mutingia calabura</i>	Sacha guinda	Sin valor
Euphorbiaceae	<i>Parodiodendron marginivillosum</i>		Sin valor
Fabaceae	<i>Amburana cearensis</i>	Roble criollo	Muy valiosa
	<i>Cassia carnaval</i>	Carnaval	Valor potencial
	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Pacará	Poco valiosa
	<i>Lonchocarpus lilloi</i>	sacha quina	Valiosa
	<i>Piptadenia viridiflora</i>	Vilcarán	Poco valiosa
	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	Palo leche	Sin valor
Flacourtiaceae	<i>Casearia sylvestris</i>	Palo rajador	Sin valor
Lauraceae	<i>Ocotea puberula</i>	Laurel	Valor potencial
Malpigiaceae	<i>Ptilochaeta nudipes</i>	Amarillo	Sin valor
Melastomataceae	<i>Miconia molybdea</i>		Sin valor
Mirtaceae	<i>Eugenia moravina</i>	Arrayan	Sin valor
	<i>Myrcianthes pungens</i>	Mato	Valor potencial
Moraceae	<i>Ficus maroma</i>	Maroma	Sin valor
Nictaginaceae	<i>Pisonia ambigua</i>	Zapallo caspi	Sin valor
Piperaceae	<i>Coccoloba cordata</i>	Morilla	Sin valor
Polygonaceae	<i>Coccoloba tiliacea</i>	Sacha pera	Sin valor
Rutaceae	<i>Fagara rhoifolia</i>		Sin valor
Santalaceae	<i>Acanthosyris falcata</i>	Sacha pera	Poco valiosa
	<i>Allophylus edulis</i>	Chal-Chal	Poco valiosa
Solanaceae	<i>Vasobia breviflora</i>	Candelilla	Sin valor
Urticaceae	<i>Urera baccifera</i>	Ortiga brava	Sin valor